

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра транспортно-технологических машин и оборудования

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПУТЕВЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Гомель 2024

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра транспортно-технологических машин и оборудования

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПУТЕВЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего образования по специальности
«Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов»»*

Гомель 2024

УДК 625.144/.145(075.8)
ББК 39.211-08
Э41

Авторы: *В. А. Довгяло, В. Л. Моисеенко, К. В. Максимчик, Е. М. Мас-
ловская, Н. В. Письменная*

Рецензенты: кафедра тракторов Белорусского национального техниче-
ского университета (зав. кафедрой – д-р техн. наук, профес-
сор *В. П. Бойков*);
заместитель начальника отдела механизации и ремонта
службы пути Управления Белорусской железной дороги
Д. Н. Минчук.

Эксплуатация путевых машин и оборудования / В. А. Довгяло
Э41 [и др.] ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т
трансп. – Гомель : БелГУТ, 2024. – 401 с.
ISBN 978-985-891-177-5

Представлена информация о путевых машинах и оборудовании для стро-
ительства, содержания и реконструкции железных дорог. Рассмотрены тех-
нические характеристики, конструкции, рабочие органы, приводы, узлы и аг-
регаты путевых машин, которые эксплуатируются на отечественной железн-
ной дороге. Для каждой группы машин приведены особенности их техниче-
ской и производственной эксплуатации, а также технического обслуживания
узлов, систем и агрегатов машин с учетом их назначения.

Предназначено для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуата-
ция наземных транспортных и технологических машин и комплексов» и дру-
гих специальностей, связанных с эксплуатацией путевых и дорожно-
строительных машин, а также для магистрантов и слушателей курсов повы-
шения квалификации.

УДК 625.144/.145(075.8)
ББК 39.211-08

ISBN 978-985-891-177-5

© Оформление. БелГУТ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Введение	8
Контрольные вопросы.....	18
1 Путьевые машины и механизмы	19
1.1 Общие сведения о железнодорожном пути	19
1.2 Особенности производства путьевых работ.....	22
1.3 Классификация и индексация путьевых машин.....	23
1.4 Приводы и их составляющие	26
1.5 Типовые сборочные единицы	54
1.6 Рабочее оборудование	59
1.7 Системы управления	70
1.7.1 Управление агрегатами, узлами и рабочими органами	70
1.7.2 Системы обеспечения безопасности движения.....	80
1.7.3 Управление путьевыми работами	82
Контрольные вопросы.....	85
2 Обеспечение работоспособности путьевых машин	87
2.1 Работоспособность и надежность.....	88
2.2 Старение и снижение работоспособности	99
2.3 Методы поддержания и восстановления работоспособности.....	113
Контрольные вопросы.....	116
3 Основные положения технической эксплуатации путьевых машин	117
3.1 Нормативно-техническая документация	117
3.2 Подготовка машин к эксплуатации	119
3.3 Виды и методы технического обслуживания и ремонта	125
3.4 Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта	143
Контрольные вопросы.....	159
4 Организация и обеспечение технического обслуживания	160
4.1 Текущее планирование и подготовка работ к техническому обслуживанию	162
4.2 Состав и технология работ по техническому обслуживанию	169
4.3 Управление запасными частями и эксплуатационными материалами.....	172
4.4 Материалы для технического обслуживания	182
Контрольные вопросы.....	200
5 Техническое обслуживание составных частей путьевых машин	201
5.1 Двигатели внутреннего сгорания	201
5.2 Трансмиссии.....	209
5.3 Ходовые системы.....	237
5.4 Базовые конструкции	239
5.5 Рабочие органы	248
5.6 Системы управления	249
Контрольные вопросы.....	253

6 Техническая эксплуатация специального железнодорожного подвижного состава	255
6.1 Эксплуатация и обслуживание машин для уплотнения балласта, выправки и отделки пути	260
6.1.1 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Duomatic 08-32 Center Tool (ВПП-08-32)	264
6.1.2 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Duomatic 09-32 CSM (ВПП-09-32).....	270
6.1.3 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПП-02М.....	275
6.1.4 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Dynamic Stophexpress 09-3X (ВПП-09-3X).....	282
6.1.5 Выправочно-подъемно-рихтовочно-подбивочная машина Unimat Compact 08-275/3S-16 (ВППС-08-275/3S-16).....	287
6.1.6 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Unimat 08-475-4S.....	292
6.1.7 Скоростной планировщик балласта SSP-110 SW (ССП-110).....	296
6.1.8 Динамический стабилизатор пути DGS-62 (ДГС-62).....	300
6.2 Эксплуатация и обслуживание щебнеочистительных машин	306
6.2.1 Самоходная щебнеочистительная машина RM-80 UHR (PM-80)	307
6.2.2 Состав для перевозки засорителей MFS-240 (МФС-240)	313
6.3 Эксплуатация и обслуживание машин для ремонта земляного полотна	317
6.3.1 Самоходный землеуборочный поезд СЗП-600Р	317
6.3.2 Кюветно-траншейная машина МКТ	320
6.4 Эксплуатация и обслуживание машин для текущего содержания пути	325
6.5 Эксплуатация и обслуживание машин для подготовительных и уборочных работ.....	330
6.6 Эксплуатация и обслуживание машин для очистки пути от снега.....	335
6.6.1 Плужные снегоочистители	336
6.6.2 Струги-снегоочистители.....	340
6.6.3 Снегоуборочные машины	344
6.7 Эксплуатация и обслуживание машин для замены путевой решетки и стрелочных переводов.....	354
6.7.1 Укладочные краны для замены путевой решетки	354
6.7.2 Укладочные краны для замены стрелочных переводов	359
6.7.3 Моторные платформы.....	366
6.8 Тягово-энергетические установки для путевых машин	372
6.9 Специализированные машины для путевых работ (моторно-рельсовый транспорт).....	376
Контрольные вопросы.....	399
Список литературы.....	400

ПРЕДИСЛОВИЕ

Железнодорожный транспорт является важной составляющей транспортной инфраструктуры, устойчивое и эффективное функционирование которого влияет на перспективы социально-экономического развития и безопасность страны. Об этом свидетельствует наличие Государственной программы развития транспортного комплекса Беларуси на 2021–2025 годы. По отечественной железной дороге осуществляется более 60 % всего грузопотока и более 25 % пассажирооборота республики. Таким образом, транспортные предприятия через систему выполнения перевозок вовлекают в активное производство более 50 % основных фондов страны.

Анализируя возможные пути развития Белорусской железной дороги, нельзя не упомянуть о перспективах трансконтинентального проекта «Экономический пояс Шелкового пути», который несколько лет назад был продекларирован и может в будущем наладить прямые сухопутные перевозки грузов из Китая в страны Евросоюза. В случае реализации столь многообещающего проекта предполагается прохождение уникального железнодорожного маршрута через территорию Беларуси, что позволяет надеяться на появление широчайших возможностей для инновационных проектов в рамках развития отечественного железнодорожного транспорта.

В настоящее время эксплуатационная длина путей Белорусской железной дороги составляет 5480,0 км. На долю путевого хозяйства приходится более четверти стоимости основных фондов Белорусской железной дороги, шестая часть эксплуатационных расходов, в нем занята шестая часть работников железнодорожного транспорта. Содержание путевого хозяйства обеспечивают 29 предприятий, в том числе 20 дистанций пути, 6 дистанций защитных лесонасаждений, республиканское унитарное предприятие «Ремпуть Белорусской железной дороги» и эксплуатационные республиканские унитарные предприятия «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги» и «Рельсосварочный поезд № 10 станции Орша Белорусской железной дороги». Перечисленные предприятия осуществляют также эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт специального железнодорожного подвижного состава.

Эффективная работа железнодорожного транспорта связана с состоянием пути и путевого хозяйства. Содержание пути представляет собой комплекс организационных, инженерно-технических и технологических мероприятий по текущему содержанию и ремонту пути, основная задача которых состоит в обеспечении бесперебойного и безопасного движения железнодорожного транспорта в любое время года с разрешенными скоростями и нагрузками. Спектр путевых работ включает ремонт и содержание земляно-

го полотна, балластировку и подъем пути, очистку щебня, сборку, разборку и укладку рельсошпальной решетки, уплотнение балластной призмы, выправку и рихтовку пути, а также его очистку от снега.

Реализацию технологических мероприятий по содержанию и ремонту пути осуществляют с помощью путевых машин, которые относятся к *специальному подвижному составу*. Согласно стандарту предприятия СТП БЧ 56.428 «Специальный железнодорожный подвижной состав. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт» ***специальный железнодорожный подвижной состав*** (СПС), предназначенный для обеспечения строительства и функционирования инфраструктуры железнодорожного транспорта, – это несъемные подвижные единицы на железнодорожном ходу, который разделяют на две группы: *специальный самоходный подвижной состав* и *специальный несамоходный подвижной состав*.

Специальный самоходный подвижной состав (ССПС) – это железнодорожно-строительные машины, имеющие автономный двигатель с тяговым приводом в транспортном режиме, а также мотовозы, дрезины, тяговые модули и специальные автотрисы для перевозки материалов или доставки работников предприятий железной дороги к месту работы.

Специальный несамоходный подвижной состав (СНПС) – это железнодорожно-строительные машины без тягового привода в транспортном режиме, прицепы и другой специальный подвижной состав, предназначенный для производства работ по содержанию, обслуживанию и ремонту сооружений и устройств железных дорог, включаемый в хозяйственные поезда.

Хозяйственным называют поезд, сформированный из действующего локомотива или ССПС, используемого в качестве локомотива, вагонов, выделенных для специальных и технических нужд железной дороги, специального самоходного и несамоходного подвижного состава, предназначенного для выполнения работ по содержанию, обслуживанию и ремонту сооружений и устройств железных дорог.

Путевые машины – это железнодорожно-строительные машины, а также СПС, предназначенный для производства работ по содержанию, обслуживанию, ремонту и реконструкции объектов железной дороги.

Для путевых машин комплексная система их эксплуатации включает два взаимосвязанных направления: во-первых, *производственную эксплуатацию*, т. е. безопасное, качественное и своевременное производство путевых работ машинами и механизмами с минимальным ущербом для окружающей среды и, во-вторых, *техническую эксплуатацию*, т. е. поддержание и сохранение работоспособного состояния путевых машин.

В соответствии с Положением о службе пути Управления Белорусской железной дороги одними из основных задач и функций службы являются организация работ по ремонту и текущему содержанию железнодорожного пути и инженерных сооружений путевого хозяйства в объемах, необходи-

мых для безопасного пропуска поездов с установленными скоростями, а также контроль за исправным содержанием СПС, его эффективным использованием, внедрением современной техники с учетом новейших научных и технических достижений, обеспечивающих эффективную эксплуатацию и ремонт СПС и других средств.

В учебном пособии рассмотрены различные аспекты технической эксплуатации путевых машин, которые являются сложными техническими объектами, оснащенными многозвенными агрегатами и системами их управления (комбинированными приводами, содержащими механические, гидравлические и электрические передачи; пневматическими и электрогидравлическими тормозными системами; электронными системами управления агрегатами и рабочими органами машины и др.). В их числе техническое обслуживание основных узлов и агрегатов.

Эффективное использование путевых машин по назначению предопределяет необходимость знания устройства машин, взаимодействия ее основных узлов и агрегатов, возможностей современных гидро-, пневмо- и электрических систем. В свою очередь интенсивное использование сложной путевой техники требует увеличения темпов развития и повышения качества системы их технического обслуживания и ремонта. Очевидно, что спектр современных методов повышения работоспособности машин не ограничивается приведенными в учебном пособии сведениями, а постоянно расширяется и совершенствуется. Новые ремонтные материалы, новые технологии наплавки и напыления, современное диагностическое оборудование обуславливают возможности развития существующих и разработки новых методов восстановления работоспособности деталей и сборочных единиц путевых машин. Поэтому будущий инженер-механик, специализирующийся в области технической эксплуатации путевых машин, должен ориентироваться в тенденциях развития соответствующих областей машиностроения.

ВВЕДЕНИЕ

Создание и функционирование любой транспортно-технологической машины регламентировано рядом отечественных и международных стандартов. Жизненный цикл машины начинается с зарождения идеи и формирования исходных требований, включает этапы проектирования и конструирования, изготовления и эксплуатации и заканчивается ее утилизацией.

Жизненный цикл путевых машин, рассмотренный в межгосударственном стандарте ГОСТ 31539 «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения», включает следующие стадии:

1) *определение исходных требований к новому железнодорожному подвижному составу*, которое базируется на результатах научно-исследовательских работ по определению совокупности требований к потребительским свойствам и техническим характеристикам, конструкции нового железнодорожного подвижного состава и экономическим показателям его жизненного цикла;

2) *разработка нового железнодорожного подвижного состава*, которая представляет собой совокупность процессов создания технической документации и образцов, необходимых для промышленного производства нового железнодорожного подвижного состава. Она включает утверждение технического задания, выполнение опытно-конструкторских работ, проведение испытаний и сертификацию пилотного образца подвижного состава;

3) *производство железнодорожного подвижного состава* как совокупность процессов преобразования исходных материалов в готовые детали и последующего их сочленения в составные части и единицы железнодорожного подвижного состава;

4) *эксплуатация железнодорожного подвижного состава*, а именно применение железнодорожного подвижного состава в перевозочном процессе, выполнение технического обслуживания и ремонт, а также его содержание в запасе или в ожидании работы;

5) *модернизация железнодорожного подвижного состава* как комплекс работ по улучшению его технико-экономических характеристик путем замены его составных частей на более совершенные, а также для продления срока его службы;

6) *утилизация железнодорожного подвижного состава* – это ликвидация единицы состава с переработкой ее составляющих частей во вторичное сырье, а также демонтаж деталей и сборочных единиц, пригодных для повторного использования.

Вся путевая техника, которая эксплуатируется на Белорусской железной дороге, спроектирована и изготовлена за пределами нашей страны, поэтому

стадии ее эксплуатации, модернизации и утилизации следует рассматривать как комплекс самостоятельных мероприятий, направленных на качественное выполнение путевых работ и продление срока ее службы, а также на эффективную переработку и повторное использование ее составных частей.

Жизненный цикл единиц специального железнодорожного подвижного состава (СПС), регламентированный в упомянутом стандарте, существенно отличается от всех известных описаний полного жизненного цикла отечественной машиностроительной продукции, включая стандарт СТБ 1218 «Разработка и постановка продукции на производство. Термины и определения». Главное отличие состоит в том, что в отдельную стадию выделена модернизация единиц СПС, как комплекс ремонтно-восстановительных работ по повышению их технических характеристик и других потребительских свойств. Модернизация представляет собой их обновление и приведение в соответствие с современными техническими требованиями, а также внесение в конструкцию изменений и усовершенствований с целью частичного устранения физического и морального старения.

Если абстрагироваться от конструктивных и технологических особенностей путевой техники, эксплуатирующейся на отечественной железной дороге, в общем случае качество и технический уровень современных машин характеризуются широким спектром свойств, которые обуславливают их пригодность удовлетворять требованиям потребителя, которые постоянно расширяются и усложняются. Комплекс этих требований охватывает социальные, технико-экономические, конструктивные, технологические и эксплуатационные аспекты безопасного функционирования системы «оператор – машина – среда». В целом их можно свести к решению нескольких концептуальных проблем:

- реализации высокого уровня безопасности эксплуатации машин, в том числе экологической;
- минимизации трудо-, энерго- и материальных затрат при проектировании, изготовлении, эксплуатации и утилизации машин;
- обеспечения высокого качества работ;
- обеспечения высокой производительности работ;
- реализации заданных отечественными и международными стандартами норм по утилизации и рециклингу машин;
- формирования дизайна машин, отвечающего современным эргономическим и эстетическим представлениям.

Помимо общих требований имеются и специфические требования к путевым машинам. Их целесообразно разделить на две основных группы.

Во-первых, это технические требования, связанные с движением по железнодорожному пути. В их числе необходимость вписывания в габарит подвижного состава по ГОСТ 9238 «Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений»; наличие ходового, сцепного и тормозного оборудования, совместимого с подобным оборудованием на по-

движном составе; плавность хода; быстрый перевод рабочих органов из транспортного положения в рабочее и обратно; вписывание в кривые и обеспечение требуемой устойчивости.

Во-вторых, это технологические требования, связанные с лимитом времени на путевые работы (в интервалах между движением поездов в виде технологических «окон»). К ним относятся необходимость тщательной подготовки фронта работ; способность машины находиться в работоспособном состоянии (т. е. безотказность), производство путевых работ комплексами машин, оптимально согласованных друг с другом по производительности и скорости, а также по кратковременной зарядке и разрядке машин по окончании работ.

Напомним, «*окном*» называют регламентированный период времени, в течение которого прекращается движение поездов по перегону, отдельным путям перегона или станции для производства ремонтных и строительно-монтажных работ.

Специфика использования СПС обусловлена инфраструктурой отечественной железной дороги. В отличие от Европы, которая располагает, как правило, тремя путями (одним – для ремонта, двумя – для встречного движения), на постсоветском пространстве в лучшем случае имеется два пути, а кое-где и один. Поэтому ремонт и обслуживание железнодорожных путей проводят в периоды закрытых для движения железнодорожного транспорта технологических «окон».

В условиях ограничения времени, отведенного на технологические операции по обслуживанию железнодорожного пути, возрастает роль современных высокопроизводительных путевых машин и комплексов на их основе, от безотказной и согласованной работы которых зависят интенсивность и безопасность движения, поскольку слабое звено в технологической цепочке определяет общую производительность комплекса.

Набор показателей качества и технического уровня машины зависит от ее назначения и, в частности, от главного параметра машины. Так, для выправочно-подбивочно-рихтовочных машин главным параметром является количество обработанных шпал в единицу времени; для транспортных и погрузочно-разгрузочных – грузоподъемность; для щебнеочистительных – глубина очистки щебня, для укладочных кранов – длина пути, пог. м/ч и т. п.

В общем случае показатели, определяющие качество и технический уровень машин, характеризуют конструктивные, экологические, эксплуатационные, технические, экономические, технологические, утилизационные и патентно-правовые свойства машин. Перечисленные свойства способствуют выполнению основных требований потребителей машиностроительной продукции и отражают эффективность функционирования машин.

На практике для оценки эффективности эксплуатации единицы СПС используют ее производительность. Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

Теоретическую (или *расчетную*) **производительность** $\Pi_{\text{теор}}$ определяют при непрерывной работе путевой машины в течение часа в расчетных условиях при полной загрузке рабочего оборудования. Ее приводят в паспорте машины.

Однако фактическая (реальная) производительность зависит от многих факторов (организационных, технических, технологических и др.), которые существенно снижают теоретическую производительность.

Техническая производительность $\Pi_{\text{тех}}$ характеризует возможности машины с учетом ее работоспособности в реальных условиях эксплуатации. Она является максимальной производительностью машины за один час непрерывной работы с учетом перерывов в работе по объективным причинам (организационно-техническим, технологическим или метеорологическим). Ее рассчитывают для конкретных условий работы машины.

Эксплуатационная производительность $\Pi_{\text{э}}$ характеризует производственную норму выработки машины при работе в конкретных эксплуатационных условиях. Это наиболее близкая к фактической характеристика. С учетом лимита времени, отведенного на работу путевых машин в период технологических «окон», используют, как правило, часовую эксплуатационную производительность.

Для оценки эффективности работы обслуживающего персонала машин пользуются также такой характеристикой, как *норма выработки*. Производственные (часовые) нормы выработки получают обработкой хронометража работы многих машин данного типоразмера в усредненных условиях. Однако они не учитывают конкретных особенностей конструкции машины (типа привода, системы управления, технического состояния) и их влияния на производительность. Поэтому в большинстве случаев используют эксплуатационную производительность.

Эксплуатационная производительность является также базовым параметром при определении показателей ресурсосбережения, которые характеризуют энергетические, материальные и трудовые ресурсы, приходящиеся на единицу вырабатываемой продукции.

В качестве примера используем укладочный кран, основной характеристикой которого является длина уложенного пути в погонных метрах в единицу времени, т. е. пог. м/ч.

Удельная энергоемкость (или удельная мощность), кВт·ч/пог. м,

$$N_{\text{уд}} = \frac{N}{\Pi_{\text{э}}},$$

где N – суммарная мощность установленных на машине двигателей, кВт;

$\Pi_{\text{э}}$ – эксплуатационная производительность, пог. м/ч.

Удельная материалоемкость, кг·ч/пог. м,

$$m_{\text{уд}} = \frac{m}{\Pi_{\text{э}}},$$

где m – масса машины, кг.

Соответственно, чем меньше значения $N_{\text{уд}}$ и $m_{\text{уд}}$, тем выше уровень энерго- и материалосбережения.

Удельная трудоемкость, чел·ч/пог. м, также отражает степень эффективности эксплуатации машины, а именно количество труда, затраченное персоналом машины за одну машино-смену и отнесенное к эксплуатационной производительности машины:

$$T_{\text{уд}} = \frac{T_{\text{р}}}{\Pi_{\text{э}}},$$

где $T_{\text{р}}$ – затраты труда обслуживающего персонала на одну машино-смену, чел·ч.

Для комплекса машин *средняя удельная трудоемкость*, чел·ч/пог. м,

$$\bar{T}_{\text{уд}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i T_{\text{р}i} + T_{\text{всп}}}{\Pi_{\text{э}}},$$

где n_i – количество машин в комплексе;

$T_{\text{р}i}$ – затраты труда основных работников на обслуживание i -й машины, чел·ч;

$T_{\text{всп}}$ – затраты труда вспомогательного персонала на обслуживание комплекса машин, чел·ч.

К этим характеристикам следует добавить еще несколько показателей ресурсосбережения, которые целесообразно учитывать при оценке эффективности СПС и путевых работ.

Во-первых, **энергонасыщенность** путевой машины $E_{\text{уд}}$, кВт/кг, которая характеризует ее удельные энергетические возможности и связывает мощность силовой установки с массой машины:

$$E_{\text{уд}} = \frac{N}{m}.$$

Во-вторых, **энерговооруженность труда**, кВт/чел., на путевых работах, которая является характеристикой их комплексной механизации:

$$E = \frac{\sum N}{\sum n},$$

где $\sum N$ – суммарная мощность энергоустановок путевых машин, используемых при производстве путевых работ, кВт;

$\sum n$ – общее количество рабочих основных путевых работ, чел.

В путевых машинах имеются механизмы циклического (одноковшовое экскаваторное и грейферное оборудование и др.) и непрерывного (многоковшовое экскаваторное оборудование, ленточные и скребковые транспортеры, шнеки и др.) действия. Производительность различных видов (теоре-

тическую, техническую и эксплуатационную) для этих механизмов определяют с помощью следующих формул.

Теоретическая производительность

– для механизмов циклического действия, м³/ч или пог. м/ч,

$$\Pi_{\text{теор}} = \frac{V}{T_{\text{ц}}} \quad \text{или} \quad \Pi_{\text{теор}} = \frac{L}{T_{\text{ц}}},$$

где V – объем материала, м³;

L – длина участка, пог. м;

$T_{\text{ц}}$ – время цикла, ч.

– для механизмов непрерывного действия, м²/ч,

$$\Pi_{\text{теор}} = Bv,$$

где B – ширина захвата материала рабочим органом машины, м;

v – расчетная рабочая скорость перемещения машины, м/ч.

Для оценки **технической производительности** учитывают ряд факторов, уменьшающих ее значения. В их числе коэффициенты, которые характеризуют снижение эффективной мощности и скорости рабочих операций, степень использования рабочего оборудования, изменение структуры разрабатываемого объекта и другие параметры:

$$\Pi_{\text{тех}} = (k_1 \cdot k_2 \dots k_n) \Pi_{\text{теор}},$$

где k_i ($i = 1, \dots, n$) – коэффициент, учитывающий отмеченные потери и изменения параметров машины и объекта разработки.

Для оценки **эксплуатационной производительности** учитывают объективные потери времени с помощью коэффициента использования машины по времени k_v , величина которого изменяется в широких пределах в зависимости от назначения машины и специфики технологического процесса ($k_v = 0,50 \dots 0,90$). Соответственно, эксплуатационную производительность связывает с технической формула

$$\Pi_э = k_v \Pi_{\text{тех}}.$$

Эффективность восстановления или модернизации механизмов машины по фактору ресурсосбережения можно оценить по сравнительным характеристикам, сопоставляя показатели модернизированной машины с аналогичными характеристиками базовой модели. За критерий сопоставления можно взять удельные показатели энерго- и материалоемкости в натуральных единицах измерений:

$$\Delta N_{\text{уд}} = (N_{\text{уд}}^{\text{мод}} - N_{\text{уд}}^{\text{б}}),$$
$$\Delta m_{\text{уд}} = (m_{\text{уд}}^{\text{мод}} - m_{\text{уд}}^{\text{б}}),$$

где $N_{уд}^{мод}$, $N_{уд}^б$ – удельная энергоёмкость модернизированной и базовой модели машины, кВт·ч/пог. м;

$m_{уд}^{мод}$, $m_{уд}^б$ – удельная материалоемкость модернизированной и базовой модели машины, кг·ч/пог. м.

Кроме того, в качестве показателя эффективности можно использовать относительные характеристики энерго- и материалоемкости:

$$\Delta N_{уд} = \frac{N_{уд}^{мод} - N_{уд}^б}{N_{уд}^б} \cdot 100 \%, \quad \Delta m_{уд} = \frac{m_{уд}^{мод} - m_{уд}^б}{m_{уд}^б} \cdot 100 \%.$$

Эксплуатация путевых машин включает производственную и техническую составляющие.

Производственная эксплуатация представляет собой комплекс организационных, технических и технологических мероприятий, направленных на эффективное использование путевых машин по назначению при производстве путевых работ. Для этого необходимо обеспечить безопасность обслуживающего персонала и окружающей среды при проведении путевых работ, а также стремиться к достижению высоких темпов и качества работ при минимальных затратах трудовых, энергетических и материальных ресурсов.

Техническая эксплуатация – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на сохранение и поддержание работоспособности и надежности машин при их эксплуатации. В числе основных мероприятий организация и проведение технического обслуживания и текущего ремонта на основании результатов технического диагностирования узлов и агрегатов машин, использование экономичных и эффективных методов восстановления деталей и сборочных единиц машин.

Производительность машин и другие параметры, характеризующие эффективность их эксплуатации, зависят от времени наработки и мероприятий, поддерживающих начальный уровень работоспособности. В процессе эксплуатации машины происходит физическое старение агрегатов, узлов и деталей машины, результатом чего является возрастание частоты отказов, ухудшение исполнения рабочих функций машины и снижение других параметров. Это приводит к значительным материальным издержкам и другим неблагоприятным последствиям.

В период эксплуатации ухудшается взаимосвязь между отдельными деталями вследствие их износа, изменяются посадки и зазоры в сопряжениях, ослабевают крепления деталей в сборочных единицах и агрегатах. Сопряжения теряют свои первоначальные характеристики, в том числе муфты, силовые передаточные механизмы (зубчатые, червячные, цепные и ременные передачи), муфты сцепления, тормоза (дисковые, конические и ленточные), элементы ходовой системы, а также соединения (шлицевые, шпоночные и крепежные). Всё это приводит к увеличению динамических нагрузок и

ухудшению условий смазки, росту скорости изнашивания, снижению эксплуатационных характеристик и, наконец, к полному отказу машины. Кроме того, рабочие органы путевых и других машин подвергаются интенсивному абразивному износу при взаимодействии с разрабатываемым грунтом или обрабатываемыми материалами.

Поскольку машина в процессе эксплуатации утрачивает свои первоначальные функциональные и параметрические характеристики, нецелесообразно пытаться достичь абсолютной надежности ее элементов. Гораздо более экономичной является реализация оптимальной надежности. Для этого при проектировании машины выявляют оптимальное распределение финансов, которые следует затратить на создание машины (т. е. на проектирование и изготовление) и на ее функционирование (т. е. на техническую эксплуатацию, включая техобслуживание и ремонт).

В систему технического обслуживания и ремонта входят средства техобслуживания и ремонта, нормативно-техническая документация, регламентирующая объемы и периодичность операций, а также обслуживающий персонал, что в совокупности обеспечивает поддержание и восстановление исправности и работоспособности машин.

Из стандарта ГОСТ 18322 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения» следует:

– **техническое обслуживание** – это комплекс операций или операция *по поддержанию* исправности или работоспособности машин при использовании по назначению, хранении и транспортировании;

– **ремонт** – это комплекс операций *по восстановлению* исправности или работоспособности машин и *восстановлению* ресурсов машин или их составных частей.

С учетом жизненного цикла путевых машин, регламентированного стандартом ГОСТ 31539, следует добавить модернизацию.

Модернизация – это комплекс работ по усовершенствованию конструкции действующих путевых машин и оснащению их дополнительными устройствами для повышения технического уровня и расширения технологических возможностей.

К модернизации СПС относят частичные изменения и усовершенствования конструкции путевых машин, а также их оснащение узлами и устройствами, механизмирующими и автоматизирующими их рабочий цикл. Поскольку модернизацию проводят при капитальном и капитально-восстановительном ремонте, эту стадию жизненного цикла рассматривают как составную часть всего технологического процесса ремонта СПС, направленного на продление срока службы единиц СПС. Совмещение мероприятий по модернизации путевых машин и ремонтных работ в единый технологический процесс позволяет сократить затраты и повысить их технико-экономические и эксплуатационные характеристики.

При рассмотрении вопросов, связанных с совершенствованием техобслуживания, определяют оптимальное сочетание таких характеристик, как

периодичность и объем профилактических работ, число специалистов и время проведения с учетом стоимости техобслуживания и числа отказов после проведения этих работ. Совершенствование системы технического обслуживания заключается в улучшении показателей, характеризующих ее эффективность. К ним относятся трудоемкость (затраты труда на выполнение, чел·ч) и продолжительность техобслуживания (время его проведения, ч).

Ремонт представляет собой совокупность организационных, технических и технологических мероприятий по устранению неисправностей и отказов, направленных на восстановление исправности или работоспособности машины в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Целью ремонта является не только поддержание работоспособности, но и удлинение стадии эксплуатации жизненного цикла машины за счет поддержания и восстановления ее ресурса.

Научно обоснованная организация ремонта ставит конечной целью обеспечение запланированных на стадии проектирования показателей надежности и работоспособности путем проведения упомянутых мероприятий при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов.

В профилактической системе технического обслуживания и ремонта имеется два критерия по определению необходимости проведения ремонта: во-первых, *по плановой наработке*, т. е. по достижению (выработке) машиной заданного норматива наработки; во-вторых, *по фактическому техническому состоянию* агрегатов машины.

Традиционная планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ППР) по плановой наработке объединяет эксплуатацию и ремонт машин. Эту систему культивируют предприятия Белорусской железной дороги и другие государственные организации, специалисты которых разрабатывают годовой и месячные планы-графики техобслуживания и ремонта машин, опираясь на запланированную для каждой машины наработку.

Профилактическое техобслуживание решает следующие задачи:

- обнаружение и корректировку предполагаемых отказов до их появления или развития в значительные отказы;
- снижение вероятности отказов;
- выявление имеющихся скрытых отказов.

Таким образом, техобслуживание и текущий ремонт машин проводят в плановом порядке после заданной для каждого типа машин наработки. Считается, что предварительное планирование всех операций по техобслуживанию и ремонту предотвращает отказ агрегатов и узлов машины, т. е. их переход в неработоспособное состояние и вынужденные простои.

Система технического обслуживания и ремонта, основанная на оценке *фактического состояния* агрегатов и узлов машины (РТС), заключается в периодическом или непрерывном контроле параметров, определяющих тех-

ническое состояние машины. По результатам контроля определяют объем и сроки проведения профилактических и ремонтных работ. Ремонт проводят в тех случаях, когда значения оценочных параметров значительно отличаются от допустимых величин.

Анализ технического состояния машин осуществляют с использованием методов и средств технического диагностирования, которые позволяют эффективно и быстро оценить техническое состояние машин в целом и их составных частей без разборки. В результате снижается трудоемкость их обслуживания и ремонта, уменьшается расход эксплуатационных материалов и запасных частей.

Между тем в условиях современной экономики сформированы рыночные отношения между ремонтными предприятиями и потребителями. Наличие у потребителей машиностроительной продукции различной по назначению и сложности конструкции техники, а также спрос на ее обслуживание и ремонт сформировали довольно широкий круг ремонтных предприятий или ремонтных служб с различной формой собственности. Наряду с предприятиями, продолжающими реализовывать планово-предупредительную систему технического обслуживания и ремонта собственными силами, имеются самостоятельные ремонтные организации, которые осуществляют продажу и реализацию различных видов технического обслуживания и ремонта. В их числе предприятия, выполняющие фирменный ремонт своей продукции, подразделения, специализирующиеся по видам ремонта или по типам (моделям) машин, а также ремонтные мастерские, выполняющие ремонт в небольших объемах.

Завершающей стадией жизненного цикла машины является утилизация после ее списания. При списании машин разрабатывают и реализуют систему переработки их составных частей, а также рециклинга материалов, из которых изготовлены детали и конструкции машины. Эта система включает комплекс организационных, технических и технологических мероприятий, в том числе оценку технического состояния составных частей машины, по результатам которой их разделяют на три группы: реновационную, конверсионную и собственно утилизационную.

В первую – *реновационную* (от лат. *renovatio* – обновление, возобновление) группу входят конструкции, узлы и детали машин, составляющие две подгруппы: во-первых, не требующие доработки для дальнейшего использования в рамках их первичного функционального назначения; во-вторых, требующие технически и экономически выгодного восстановления для продления их ресурса или реанимации потребительских свойств, а также для использования в качестве запчастей.

Во вторую – *конверсионную* (от лат. *conversio* – превращение, обращение) группу включают конструкции, узлы и детали, которые невозможно восстановить до уровня реновационной группы из-за их технического со-

стояния (выработки ресурса, степени износа, наличия коррозионных повреждений и др.). После доработки их используют в других областях для изготовления изделий менее ответственного назначения.

В третью – собственно *утилизационную* (от лат. *utilis* – полезный) группу входят невосстанавливаемые составные части машин (агрегаты, узлы, конструкции и детали), т. е. такие объекты, восстановление которых до исходного состояния невозможно или нецелесообразно по экономическим и экологическим соображениям. Поэтому после разборки машин их выбракованные части (детали, конструкции, узлы и др.) перерабатывают для получения из них материалов в качестве вторичного сырья для дальнейшего употребления.

Многолетняя статистика отказов деталей и узлов различных по назначению машин подтверждает рентабельность их восстановления и доработки: у подавляющего большинства машин, поступающих в капитальный ремонт, 20 % пригодны для дальнейшей работы без восстановления, 60 % можно восстановить до номинальных параметров, и только 20 % деталей подлежат выбраковке и утилизации. При этом затраты на восстановление деталей составляют не более 30–50 % от стоимости новых деталей. Примерно такая же статистика имеет место по отработанным деталям и узлам машин после их списания.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите и прокомментируйте стадии жизненного цикла путевых машин.
- 2 Как определить теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность машины циклического и непрерывного действия?
- 3 Что такое удельная энергоемкость и удельная материалоемкость?
- 4 Какие характеристики используют для оценки эффективности модернизации машины?

1 ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

1.1 Общие сведения о железнодорожном пути

Железная дорога – это комплекс инженерно-технических объектов, которые обеспечивают безопасность движения поездов. К ним относят железнодорожные пути, подвижной состав и специальный подвижной состав, а также подразделения, обеспечивающие их эксплуатацию. Управление всеми этими объектами осуществляет аппарат управления железной дорогой.

Белорусская железная дорога является государственным объединением, подчиненным Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. В ее состав входят около 40 предприятий и организаций. Руководящим аппаратом является Управление Белорусской железной дороги, состоящее из 30 отраслевых служб, отделов и других структурных подразделений.

Железнодорожный путь (рисунок 1.1) включает следующие составляющие:

- верхнее строение, которое направляет движение подвижного состава и воспринимает нагрузки его колес;
- нижнее строение, т. е. земляное полотно, которое является основанием верхнего строения;
- искусственные сооружения (мосты, путепроводы, тоннели и др.).

Верхнее строение пути состоит из рельсов, шпал, креплений, балласта и дополнительных элементов в виде противоугонов, стяжек и др., а также стрелочных переводов и мостового полотна.

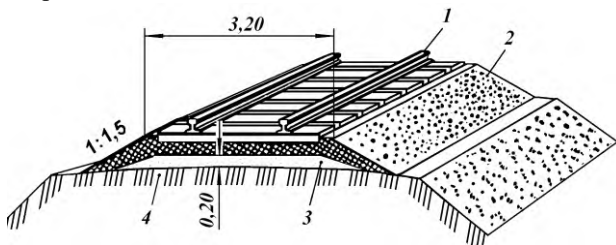


Рисунок 1.1 – Схема железнодорожного пути:

- 1 – рельсошпальная решетка; 2 – балластная призма; 3 – песчаная подушка;
4 – земляное полотно

Рельсы имеют в основном стандартную длину 25 м, но для кривых участков пути используют укороченные рельсы длиной 24,84 и 24,92 м.

Масса одного метра рельсов Р65 составляет 64,72, рельсов Р50 – 51,67 кг, т. е. цифра после буквы «Р» означает приблизительную массу одного метра соответствующих рельсов.

На рисунке 1.2 представлены размеры рельса Р65, который имеет головку шириной 75 мм, шейку – 18 мм и подошву – 150 мм.

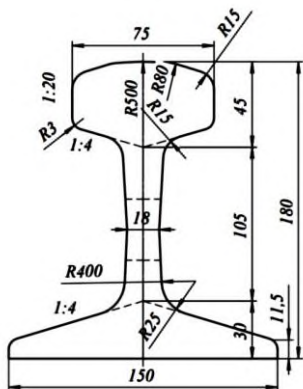


Рисунок 1.2 – Геометрические характеристики рельса Р65

Для передачи нагрузки от рельсов к балласту и земляному полотну используют шпалы, которые могут быть железобетонными, деревянными и металлическими.

На главных путях страны используют в основном железобетонные шпалы – более 90 % от протяженности этих путей, на станционных и специальных – более 60 %.

Шпалы укладывают под рельсы на заданном расстоянии друг от друга. Схему их укладки на длине звена называют *эторой* шпал.

Как правило, на звене длиной 25 м располагают 46 шпал, или на 1 км пути – 1840 шпал. В кривых участках радиусом менее 1200 м и на скоростных участках радиусом менее 2000 м укладывают 50 шпал на звено, или 2000 шпал на 1 км пути. Обычно размещают на каждом звене длиной 25 м 46 шпал, или 1840 шпал на 1 км пути. На станционных путях имеются участки, на которых укладывают 1440 и 1600 шпал на 1 км. Рельсы опираются на шпалы через прокладки.

На рисунке 1.3 показаны размеры железобетонной шпалы. Шпалы укладывают на балласт, который воспринимает нагрузки от рельсов и выполняет дренажные функции. Для этих целей используют в основном щебень фракции 25–60 мм. В частности, щебень и отсортированный гравий являются балластом для 98,8 % главных путей.

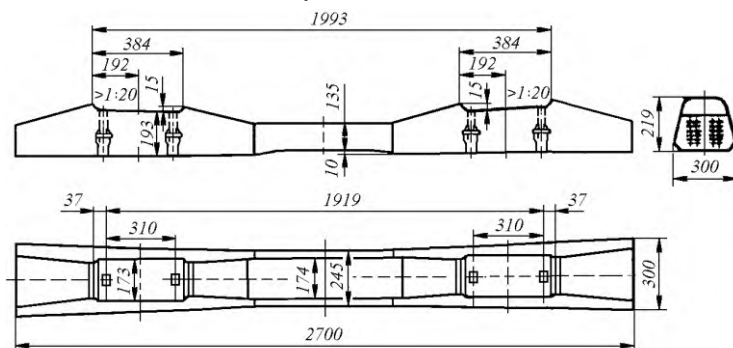


Рисунок 1.3 – Геометрические характеристики железобетонной шпалы

Железнодорожный путь может быть стыковым и бесстыковым. При стыковом пути концы соседних рельсов соединяют стыковыми креплениями, состоящими из накладок и болтов. Для стыковки на каждом конце рельсов имеются два или три отверстия.

На железобетонных шпалах в основном применяют клеммно-болтовые крепления типа КБ-65 (рисунок 1.4). Подкладку 1 крепят закладными болтами 7, а крепление рельса к подкладке выполняют клеммными болтами 4 и жесткими клеммами 6.

Для уменьшения износа шпалы, а также для регулирования высоты установки рельса под подкладку устанавливают изолирующие втулки 9 (см. рисунок 1.4) толщиной 6–10 мм из дерева, резины, полимерного композита и др.

Рельсовое крепление СБ-3 (рисунок 1.5) является бесподкладочным анкерным рельсовым креплением. В качестве крепежного элемента служит анкер 1, замоноличенный в железобетонной шпале. Упругая клемма 2, установленная в шпале с натягом, через полимерный изолятор 3 прижимает перо подошвы рельса к шпале. Под рельс укладывают подрельсовую прокладку 4. Наиболее эффективно такое крепление работает на прямых участках пути, где обеспечивает необходимую стабильность ширины рельсовой колеи.

Для соединения железнодорожных путей используют стрелочные переводы и пересечения. Стрелочные переводы бывают одиночными обыкновенными и симметричными, а также двойными перекрестными. Наибольшее распространение получили одиночные обыкновенные стрелочные переводы. Такой перевод состоит из стрелки, соединительных путей, крестовины с контррельсами и закрестовинных кривых, а также брусев или плит (железобетонных или деревянных). В свою очередь стрелка включает два рамных рельса, два остряка, связи между остряками и переводный механизм.

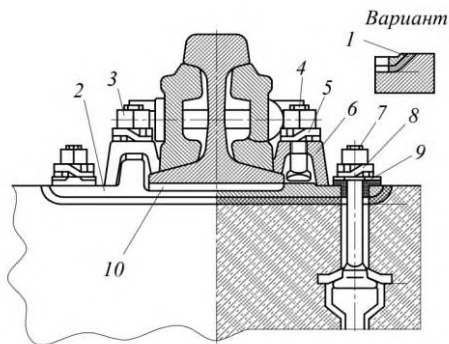


Рисунок 1.4 – Стыковое и промежуточное крепление КБ-65:

- 1 – прокладка под подкладку КБ; 2 – подкладка КБ;
- 3 – гайка; 4 – болт клеммный;
- 5 – шайба; 6 – клемма; 7 – болт закладной;
- 8 – скоба изолирующей втулки; 9 – изолирующая втулка КБ; 10 – прокладка под подошву рельса

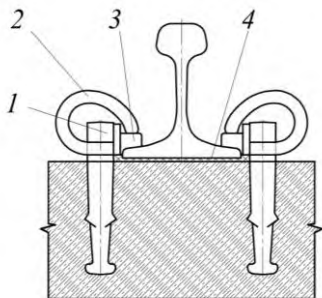


Рисунок 1.5 – Рельсовые крепления типа СБ:

- 1 – анкер; 2 – клемма упругая;
- 3 – изолятор; 4 – прокладка подрельсовая

1.2 Особенности производства путевых работ

Путевые работы по содержанию и ремонту действующего железнодорожного пути классифицируют по следующим признакам:

- 1) *по содержанию работ* – подготовительные, основные и отделочные;
- 2) *по виду работ* – текущее содержание пути, подъемочный, средний и капитальный ремонты.

Основные работы, как правило, производят при движении поездов и выполняют в «окно», т. е. в промежуток времени, свободный от движения поездов. В зависимости от состава путевых работ эти работы проводят в период «окна» в течение 4–8 часов.

Подготовительные и отделочные работы (сборка звеньев решетки и др.) проводят за пределами «окна», поскольку они не требуют закрытия перегона для движения поездов. При крайней необходимости перекрывают движение на аварийных перегонах и производят ремонтно-путевые работы в течение времени, необходимого для их полного завершения.

Текущее содержание пути включает работы по постоянному контролю его состояния, в том числе выявлению и устранению обнаруженных неисправностей, а также замене изношенных элементов верхнего строения пути.

Подъемочный ремонт пути состоит в его сплошной выправке и восстановлении дренажных и упругих свойств балластного слоя. При этом осуществляют следующие мероприятия:

- подъемка рельсошпальной решетки (РШР) с добавлением балласта и его подбивкой для уплотнения под шпалами;
- очистка щебня;
- замена изношенных и пришедших в негодность шпал;
- одиночная замена рельсов и креплений;
- регулировка стыковых зазоров;
- рихтовка пути;
- ремонт стрелочных переводов.

Средний ремонт включает следующие работы:

- обеспечение сплошной очистки на требуемую глубину и восстановление балластной призмы;
- смену шпал, рельсов и креплений;
- рихтовку пути;
- ремонт земляного полотна.

Капитальный ремонт представляет собой комплекс работ по восстановлению пути и включает следующие основные работы:

- сплошную замену рельсов, шпал, креплений и стрелочных переводов;
- очистку или обновление балласта;
- ремонт переездов;
- ремонт водоотводных сооружений.

Строительство новых железнодорожных путей включает комплекс работ по формированию земляного полотна и сооружению верхнего строения пути. В их числе укладка РШР, баллаستировка пути с созданием щебеночного балластного слоя и его выправка постановкой РШР в проектное положение.

1.3 Классификация и индексация путевых машин

СПС разделяют согласно стандарту предприятия СТП БЧ 56.428 «Специальный железнодорожный подвижной состав. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт», на следующие основные типы:

- моторно-рельсовый транспорт (автомотрисы, мотовозы, дрезины);
- машины для выправки, подбивки и рихтовки пути;
- машины для планирования и распределения балласта;
- машины для стабилизации пути;
- машинные гайковерты;
- снегоуборочные машины и поезда;
- снегоочистительные машины и путевые струги-снегоочистители;
- тяговые модули;
- рельсосварочные машины;
- рельсошлифовальные машины и поезда;
- машины для укладки пути и стрелочных переводов;
- моторные платформы;
- балластоочистительные машины;
- кюветоочистительные машины;
- составы для засорителей;
- специальные вагоны для перевозки насыпных грузов (вагоны хоппер-дозаторы, вагоны-самосвалы (думпкары));
- путеремонтные летучки;
- машины для установки опор контактной сети;
- машины для смены шпал;
- путевые вакуумные погрузчики;
- прочие машины (рельсоочистительные, рельсосмазывающие, кусторезы и др.).

К путевым машинам относят перечисленные железнодорожно-строительные машины, а также СПС, предназначенный для производства работ по содержанию, обслуживанию и ремонту сооружений и других объектов железной дороги.

Путевая машина представляет собой сложный машинный объект, состоящий из экипажной части и рабочего оборудования.

Экипажная часть путевой машины включает следующие узлы и механизмы: раму с кузовом, ходовые тележки, силовую установку, трансмиссию, тормозное оборудование, автосцепку, систему управления агрегатами машины, а также устройства безопасности движения, сигнализации и связи.

Рабочее оборудование определяется назначением машины и в общем случае включает двигатель (автономный или от силовой установки машины), передающие механизмы, элементы управления и исполнительные органы.

Представленные ранее типы СПС включают путевые машины, которые классифицируют по следующим основным признакам:

1) *по назначению*:

- для ремонта земляного полотна – путевые струги, дренажные и уборочные машины;
- для балластировки пути – балластеры, путеподемники, тракторные дозировщики;
- для дозирования щебня – хоппер-дозаторы;
- для очистки балластного слоя – щебнеочистительные машины;
- для укладки пути – рельсо- и путеукладчики;
- для сварки рельсов – рельсосварочные машины;
- для работы со звеньями пути – машины звеносборочных баз (звеносборочные и звеноразборочные);
- для уплотнения балласта и выправки пути – выправочно-подбивочно-рихтовочные и выправочно-подбивочно-отделочные машины;
- для контроля и измерений – путеизмерительные и дефектоскопные машины, автомотрисы и тележки;
- для очистки и уборки снега – плужные и роторные снегоочистители, снегоуборочные машины;
- для транспортных и погрузочно-разгрузочных работ – саморазгружающиеся вагоны, дрезины и мотовозы;

2) *по способу передвижения* – самоходные (автономные) и прицепные;

3) *по типу привода хода* – с механическим, гидравлическим и электрическим;

4) *по типу привода рабочего оборудования* – с механическим, гидравлическим, пневматическим и электрическим;

5) *по виду ходового оборудования* – на железнодорожном и комбинированном (пневмоколесно-рельсовом и гусенично-рельсовом) ходу;

6) *по способу съема с пути* – легкие (съёмные с пути для пропуска поездов) и тяжелые (несъёмные);

7) *по способу выполнения путевых работ* – циклического, непрерывно-циклического и непрерывного действия.

Большинство перечисленных машин эксплуатируются на предприятиях Белорусской железной дороги. Путевые машины должны обеспечивать высокое качество и экологическую безопасность путевых работ при оптимальных темпах их производства, сокращение трудо-, энерго- и материальных затрат при сохранении максимальной надежности железнодорожного пути. Кроме того, машины должны вписываться в габарит подвижного состава, не

превышать допускаемых нагрузок на ось, иметь сцепное и тормозное оборудование, совместимое с оборудованием подвижного состава, а также отвечать требованиям, которые предъявляются к подвижному составу.

В таблице 1.1 представлены основные путевые машины, которые эксплуатируются на Белорусской железной дороге, в том числе их сокращенные названия для дальнейшего использования.

Таблица 1.1 – Путевые машины

Полное название	Сокращенное наименование
Автомотриса грузовая дизельная	АГД-1А, АГС-1, АГС-1А
Автомотриса служебная	АС-1А, АС-1М, АС-5, АС-1
Выправочно-подбивочно-отделочная машина	ВПО-3000
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина	ВПр-1200, ВПр-02, ВПр-02М, ПТ-800, Duomatic 08-32, Duomatic 08-32 Center Tool, Duomatic 09-32 CSM, Dinamic Stopfexpress 09-3X
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина для пути и стрелочных переводов	ВПрС-02, ВПрС-03, ВПрС-03.2, ВПрС-03/2У1, Plasser 08-275-3S, Unimat Compact 08-275/3S
Динамический стабилизатор пути	DGS-62
Дрезина грузовая крановая усиленная	ДГКУ, ДГКУ-3, ДГКУ-5
Машина для смены шпал	SVP-74, MRT
Моторная платформа дорожная	МПД, МПД-2, МП
Мотовоз погрузочно-транспортный	МПТ-4, МПТ-4У, МПТ-4У1, МПТ-6
Планировщик балласта	SSP-110
Путевая вакуумная машина	COMPELVAC 500RD
Путевая рельсосварочная машина	ПРСМ-3, ПРСМ-4
Путевой моторный гайковерт	ПМГ
Путеремонтная летучка	ПРЛ-3/2, ПРЛ-4
Снегоочиститель двухпутный плужный	СДП, СДП-М, СДП-М1, СДП-М2
Снегоуборочные машины	СМ -2, СМ-2А, СМ-2Б, СМ-2М, СМ-2МС, ПСЭ-66
Состав для засорителей	СЗ-240-6, MFS-240
Струг-снегоочиститель	СС-1МК
Укладочный кран для пути звеньями РШР	УК-25/9–18, КЖУ-571
Укладочный кран для стрелочных переводов	УК-25СП, УК-25/28СП
Щебнеочистительная машина	RM-76, RM-80, ЖО-4С
Электробалластер	ЭЛБ-3, ЭЛБ-3Р

При создании путевых машин к ним предъявляются как общие, так и специфические требования:

Общие требования включают реализацию паспортной производительности, унификацию узлов и деталей, повышение надежности, снижение стоимости, металло- и энергоемкости, а также обеспечение универсальности машин, легкости управления, ремонтпригодности, безопасности при обслуживании машин и их эксплуатации, создание благоприятных условий для работы машинистов, автоматизацию управления и т. п.

Специфические требования обусловлены тем, что путевые машины имеют железнодорожный ход и относятся к специальному подвижному составу. Они должны вписываться в габарит подвижного состава по ГОСТ 9238; обладать плавностью хода; оснащаться ходовым, сцепным и тормозным оборудованием, совместимым с подобным оборудованием на подвижном составе; обеспечивать быстрый перевод рабочих органов из транспортного положения в рабочее и обратно, вписываться в кривые и обеспечивать требуемую устойчивость, иными словами, отвечать требованиям, предъявляемым к подвижному составу железных дорог.

1.4 Приводы и их составляющие

Любая самоходная машина, в том числе путевая, содержит силовую установку (двигатель), трансмиссию, ходовое устройство, систему управления, а также рабочее и вспомогательное оборудование.

Двигатель, трансмиссия и система управления составляют **привод**, который обеспечивает действие исполнительных механизмов (ходового устройства, рабочего и вспомогательного оборудования). В приводах машин в качестве силовых установок используют двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Они могут передавать свою механическую энергию исполнительным механизмам без ее преобразования или с преобразованием в другой вид энергии.

Силовая установка мобильной машины может состоять только из первичного двигателя (ДВС) или содержать первичный и вторичный двигатели (ДВС и гидронасос, ДВС и электрогенератор, ДВС и компрессор). Вторичный двигатель (гидронасос, электрогенератор или компрессор) преобразует механическую энергию ДВС в энергию потока жидкости, электрического тока или сжатого воздуха. Сочетание ДВС с вторичным двигателем составляет *комбинированную силовую установку*.

В путевых машинах в качестве силовых установок используют собственные дизельные или дизель-электрические агрегаты, а также дизель-электрические и компрессорные установки специализированных тяговых модулей и тепловозов. В самоходных единицах СПС они обеспечивают привод ходовой системы, а также рабочего и вспомогательного оборудования, в несамоходных – только привод рабочего и вспомогательного оборудования.

В путевых машинах, которые эксплуатируются в Беларуси, в основном применяют силовые установки, характеристики которых представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технические характеристики силовых установок путевых машин

Обозначение	N, кВт	n, мин ⁻¹	m, кг	Размеры, мм
<i>Дизельные двигатели</i>				
ЯМЗ-238Б	220,0	2000	1130	1315×1045×1070
1Д6БГС2-02, 1Д6БА	110,3	1500	1350	1685×845×1175
1Д12В-300КС2-01,	220,6	1500	1660	1688×1052×1276
КТА19L (Cummins)	361,0	2100	–	–
НТ/НТА855/Н14	261,0	2100	–	–
КТА38-G5 (Cummins)	800,0	1500	4990	3172×1752×2006
KHD-BF8L513 (Deutz)	235,0	2300	920	1230×1042×1154
BF6M1013E (Deutz)	122,0	1500	1550	2300×1100×1360
BF6M1013EC (Deutz)	146,0	1500	1720	2510×1200×1525
BF6M1015C (Deutz)	285,0	1500	2860	2750×1440×2100
BF6M1015CP (Deutz)	338,0	1500	3200	2750×1540×2150
Caterpillar C9D1	250,0	2200	776	1098×819×1002
<i>Дизель-электрические агрегаты</i>				
ДГ-100-Т/400А (У94А)	100	1500	2300	2360×1300×1570
ДГ-200-Т/400А (У96А)	200	1500	3400	3275×1462×1645
АД-100-Т/400 (У34А)	200	1500	2755	–
АД-200-Тсп (У36М)	200	1500	3800	3380×1245×1645
АД-315-Т/400А (У64А)	315	1500	4000	3900×1300×2000
<i>Примечание – N – номинальная мощность; n – частота оборотов; m – масса.</i>				

Трансмиссия представляет собой систему устройств для передачи движения и преобразования энергии от силовой установки к исполнительным механизмам машины. Ее вход соединен с силовой установкой, выход – с исполнительным механизмом.

Основой любой трансмиссии являются *передачи* – устройства, предназначенные для передачи движения и изменения крутящих моментов, усилий и скоростей. Передачи могут быть *механическими, гидравлическими (гидрообъемными и гидродинамическими), электрическими и пневматическими*.

Силовые трансмиссии в зависимости от типа передач могут быть чисто *механическими* или *комбинированными*, сочетающими механические передачи с гидравлическими, электрическими и пневматическими. Комбинированные трансмиссии называют по наименованию всех составляющих их

силовых передач – гидромеханическими, электромеханическими, гидро-электромеханическими и т. п.

Система управления представляет собой комплекс приборов и устройств, которые обеспечивают контроль и управление параметрами двигателя, трансмиссии и исполнительных механизмов. Состав системы управления определяется назначением машины, типом привода и трансмиссии, видом рабочего оборудования и уровнем автоматизации. Система управления является компонентом привода, от которого зависят безопасность и долговечность эксплуатации, расход топлива и энергосбережение.

Система управления самоходных путевых машин должна обеспечить наиболее экономичный режим работы двигателя, трансмиссии, тормозов в зависимости от нагрузки на рабочее и вспомогательное оборудование.

Система управления несамоходных машин должна обеспечить оптимальный режим эксплуатации рабочих органов в зависимости от нагрузки и предохранить их от перегрузок.

Системы управления путевых машин выполняют несколько функций: во-первых, обеспечивают безопасность движения и эксплуатации машин, а также путевых работ; во-вторых, управляют путевыми работами; в-третьих, управляют агрегатами, узлами и рабочими органами машин.

Приводы принято называть по наименованию *основной передачи*, которая передает исполнительным механизмам механическую энергию ДВС без преобразования или с преобразованием в энергию потока жидкости, электрического тока или сжатого газа. В зависимости от схемы преобразования энергии двигателя традиционно различают *механические, гидравлические, электрические и пневматические приводы*.

Механический привод в общем виде включает силовую установку (ДВС), механические передачи, систему управления и вспомогательные устройства. В этом приводе механическая энергия ДВС без преобразования передается исполнительным механизмам (ходовому устройству, рабочему и вспомогательному оборудованию) с помощью системы механических передач. В качестве двигателей используют дизельные и бензиновые ДВС. В подавляющем большинстве машин используют дизельные двигатели, которые позволяют получать стабильную (по сравнению с бензиновыми ДВС) частоту вращения выходного вала при изменении нагрузки.

Дизельные двигатели внутреннего сгорания обладают автономностью, постоянной готовностью к работе, возможностью регулирования скорости работы исполнительных механизмов, высокой удельной мощностью (0,75–1,00 кВт/кг) и небольшим удельным расходом топлива (0,20–0,25 кг/кВт·ч). К недостаткам следует отнести чувствительность к перегрузкам и невысокий КПД (до 0,4–0,6). Кроме того, ДВС не имеют возможности запуска под нагрузкой и

реверсирования при работе, что вынуждает в механическом приводе усложнять конструкцию за счет установки фрикционных муфт, отключающих двигатель от механизма при пуске, а также установки реверсивных устройств, поскольку ДВС имеют постоянное направление вращения вала. Между тем практически все путевые машины оснащают комбинированными силовыми установками на основе дизельных ДВС, которые постоянно совершенствуются, прежде всего, за счет электронных систем управления.

ДВС работают в условиях переменных нагрузок по мощности, при большой запыленности воздуха (до 5 г/м^3), а также при значительных колебаниях температур (от -30 до $+40 \text{ }^\circ\text{C}$). Поэтому они должны иметь запас по мощности, оснащаться улучшенными агрегатами воздухоочистки и устройствами предпускового подогрева в условиях эксплуатации при низких температурах. В машинах наиболее часто применяют четырех- и шестицилиндровые дизельные двигатели мощностью от 100 до 800 кВт и частотой вращения в интервале $1500\text{--}2300 \text{ мин}^{-1}$. Их используют в машинах как с непосредственной передачей механической энергии на исполнительные органы, так и с ее различными преобразователями.

Выбор ДВС осуществляют с учетом номинальной мощности $N_{\text{дв}}$, частоты вращения коленчатого вала n , массы m и удельного расхода топлива g_e . Приблизительно его основные характеристики можно определить по эмпирическим соотношениям, которые связывают номинальную мощность двигателя без турбонаддува $N_{\text{дв}}$, кВт, и крутящий момент $M_{\text{кр}}$, Н·м, на валу двигателя с его рабочим объемом,

$$\begin{aligned} N_{\text{дв}} &= 9,33V_{\text{раб}} + 17,92, \\ M_{\text{кр}} &= 51,07V_{\text{раб}} + 39,38, \end{aligned} \quad (1.1)$$

где $V_{\text{раб}}$ – рабочий объем двигателя, л.

Кроме того, требуемую мощность двигателя $N_{\text{дв}}$, кВт, можно также подобрать с помощью простого соотношения, учитывающего коэффициент запаса k_3 :

$$N_{\text{дв}} = k_3 N_{\text{max}}, \quad (1.2)$$

где $k_3 = 1,17 \dots 1,25$ – для дизельных двигателей;

N_{max} – сумма мощностей, вычисленных при максимальных значениях моментов (или усилий) на рабочих органах, кВт.

ДВС без преобразователей механической энергии в сочетании с механическими трансмиссиями продолжают использовать для привода ходового оборудования в некоторых моделях небольших путевых машин (в частности, в автомотрисах АГС-1, АГД-1А и др.).

В *механических трансмиссиях* основными элементами являются зубчатые и червячные передачи. Они образуют коробки перемены скоростей и

коробки отбора мощности, раздаточные редукторы, ходоуменьшители, бортовые редукторы и др. В состав механических трансмиссий входят сцепные, соединительные и предохранительные муфты, а также различные механические устройства для изменения направления, частоты вращения и крутящего момента.

Напомним, что *коробкой перемены передач* (или *коробкой скоростей*) называют устройство, обеспечивающее ступенчатое изменение угловой скорости выходного вала $\omega_{\text{вых}}$ при постоянной скорости входного вала $\omega_{\text{вх}}$. На многих путевых машинах (например, на выправочно-подбивочно-рихтовочных машинах, динамических стабилизаторах пути, планировщиках балласта, на моторно-рельсовом транспорте) применяют коробки перемены передач автомобильного типа с переключением передач (включая задний ход) через зубчатые муфты с коническими фрикционными синхронизаторами. При этом передачи заднего хода блокируют от включения, так как реверсирование производят с помощью других элементов трансмиссии.

Зубчатые передачи обеспечивают заданные значения передаточных чисел. Их основным преимуществом является наибольший из всех передач КПД из-за отсутствия потерь энергии, связанных с ее преобразованием. КПД основных механических передач составляет:

- зубчатой цилиндрической закрытой – 0,97–0,99;
- зубчатой конической закрытой – 0,95–0,98;
- червячной многозаходной закрытой – 0,87–0,92;
- планетарной закрытой – 0,96–0,99;
- цепной – 0,96–0,98.

Благодаря достоинствам зубчатых передач механические трансмиссии имеют высокий КПД (0,80–0,85) и обеспечивают точное соблюдение заданных скоростей и моментов. К недостаткам следует отнести большую металлоемкость, сложность конструкции и компоновки передачи при широком диапазоне регулирования скоростей и моментов, а также их скоростей и моментов ступенчатое изменение

Эффективность работы любой трансмиссии, ее способность изменять скоростные и силовые параметры двигателя оцениваются несколькими показателями, в числе которых соотношения, связывающие ее входные и выходные характеристики:

- 1) коэффициент полезного действия (КПД) $\eta_{\text{тр}} = N_{\text{вых}} / N_{\text{вх}}$ ($N_{\text{вых}}$ и $N_{\text{вх}}$ – мощности на выходном и входном валах);
- 2) передаточное число $u_{\text{тр}} = \omega_{\text{вх}} / \omega_{\text{вых}} = n_{\text{вх}} / n_{\text{вых}}$ ($\omega_{\text{вх}}$ и $\omega_{\text{вых}}$ – угловые скорости, $n_{\text{вх}}$ и $n_{\text{вых}}$ – частоты вращения входного и выходного валов);

3) коэффициент преобразования момента $\kappa_{\text{пр}} = M_{\text{вых}} / M_{\text{вх}} = \eta_{\text{тр}} u_{\text{тр}} (M_{\text{вых}}$ и $M_{\text{вх}}$ – крутящие моменты на валах).

В комбинированных силовых установках, как уже было отмечено, механическая энергия ДВС преобразуется в энергию потока жидкости, электрического тока или сжатого воздуха, а затем снова в механическую энергию для исполнительных механизмов. Передачу мощности от силовой установки к исполнительным механизмам осуществляют с помощью различных трансмиссий, содержащих гидравлические, электрические и пневматические передачи в сочетании с механическими.

Гидравлический привод в общем виде включает силовую установку (ДВС), гидравлические передачи, механические передачи, систему управления и вспомогательные устройства. Гидропередачи могут быть двух видов: *гидрообъемными (гидростатическими) и гидродинамическими*.

В современных машинах гидропривод часто имеет и гидрообъемные, и гидродинамические передачи. В таком приводе гидрообъемную передачу используют в основном для управления рабочими органами, а гидродинамическую – в приводе хода. В современных моделях многих путевых машин для привода хода применяют и гидрообъемные передачи.

Гидрообъемная передача состоит из двух гидромашин: насоса (входного звена) и гидромотора (выходного звена) с соединительными трубопроводами. В ней механическая энергия ДВС преобразуется в энергию потока жидкости под давлением (при помощи гидронасоса), которая затем опять трансформируется в механическую энергию (при помощи гидродвигателя вращательного или возвратно-поступательного действия) и передается исполнительным механизмам. Взаимодействие рабочего органа гидромашин с рабочей жидкостью происходит в герметичной рабочей камере, попеременно сообщаемой с ее входом и выходом. При этом именно *статическое давление* жидкости при взаимодействии с рабочим органом (вытеснителем) является определяющим фактором рабочего процесса.

Механические передачи устанавливают в объемном гидроприводе для изменения частоты вращения и крутящего момента в двух вариантах:

- между первичным двигателем и гидронасосом (для преобразования частоты вращения вала двигателя в требуемую частоту вращения насоса);
- между гидромотором и исполнительным механизмом (для увеличения крутящего момента и уменьшения скорости вращения исполнительного механизма).

Применение объемных гидропередач позволяет производить бесступенчатое регулирование скоростей исполнительных механизмов, а также обеспечить их надежную защиту от перегрузок.

Номинальное давление рабочей жидкости в гидросистеме выбирают из параметрического ряда, который регламентирован ГОСТ 12445 «Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Номинальные давления».

В путевых машинах российского производства обычно применяют гидроаппаратуру, имеющую номинальное давление $p_{ном} = 10, 16, 20, 25, 32$ МПа, в австрийских машинах компании «Plasser & Theurer» используют гидроаппаратуру, обеспечивающую давление в более широких пределах (от 1,0 до 35,0 МПа).

К основным гидравлическим элементам объемного привода относят силовое оборудование (гидронасосы, гидромоторы, гидроцилиндры), гидроаппаратуру (распределители, предохранительные клапаны, регуляторы потока и др.), гидролинии (трубопроводы, рукава высокого давления, коллекторы, соединительную арматуру) и устройства для кондиционирования рабочей жидкости (фильтры, теплообменники, баки).

Преимуществами гидропривода являются:

- 1) небольшие масса и габариты;
- 2) бесступенчатое регулирование скорости;
- 3) возможность получения больших (1000 и более) передаточных чисел;
- 4) преобразование вращательного движения в поступательное и обратно;
- 5) малая инерция (из-за малых масс и габаритов) и быстрое регулирование рабочих движений, которое сопровождается повышением производительности машины в целом.

Но эти достоинства влекут за собой и недостатки. В их числе:

- 1) относительно высокая стоимость (качественный металл, высокая точность при изготовлении, сборке и т. д.) и сложность эксплуатации;
- 2) необходимость специальных жидкостей для различных климатических условий;
- 3) снижение КПД при использовании длинных трубопроводов (из-за потерь на трение);
- 4) большие динамические нагрузки из-за быстродействия (время срабатывания 0,03–0,12 с).

Объемный гидропривод выполняют в двух вариантах:

- для передачи движения двум и более гидродвигателям при *однопоточной* насосной установке;
- для передачи движения гидродвигателям при *многопоточной* насосной системе (каждый насос питает один или группу гидродвигателей).

Основной недостаток объемного гидропривода – это относительно малая долговечность: из-за быстрого ($\tau = 0,03 \dots 0,12$ с) нарастания давления жидкости в рабочих органах возникают большие динамические нагрузки в элементах конструкции. Для его устранения используют гидроцилиндры с гидравлическим демпфированием конечного положения; удароликвидирующие клапаны в гидросистеме и другие устройства.

В гидроприводах машин чаще применяют шестеренчатые (шестеренные) и аксиально-поршневые насосы и гидромоторы, реже – радиально-поршневые и лопастные (пластинчатые). Конструктивной особенностью всех перечисленных насосов и гидромоторов является их *обратимость*, т. е. каждый из них можно использовать и как насос, и как гидромотор. Вместе с тем в гидроприводах применяют, как правило, аксиально-поршневые гидромоторы.

Шестеренчатый (шестеренный) насос – это гидромашина, которая обеспечивает передачу крутящего момента с ведущего вала силовой установки на ведомый вал за счет движения рабочей жидкости, напор которой создает взаимодействие двух шестерен. Шестеренчатые насосы могут быть с внешним и внутренним зацеплением. На рисунке 1.6 представлена принципиальная схема шестеренчатого насоса внешнего зацепления. Он состоит из корпуса 3 и двух одинаковых эвольвентных шестерен 1 и 2. Ведущая шестерня 1 закреплена на ведущем валу, а ведомая 2 получает от нее вращение. Всасывающая гидролиния подведена к шестерням со стороны выхода зубьев из зацепления, а напорная – со стороны входа в зацепление. При вращении шестерен жидкость из зоны всасывания А в напорную зону Б переносится в полостях, образованных впадинами зубьев и стенкой корпуса. Головки зубьев, входя в зацепление, выдавливают жидкость из впадин между зубьями, создавая давление в напорной гидролинии привода. Число зубьев в ведущей и ведомой шестернях одинаково и составляет обычно 6–18 единиц.

Рабочий объем двухшестеренчатого насоса V_0 , дм^3 или л, равен суммарному объему всех впадин и зубьев обеих шестерен. Его определяют по формуле

$$V_0 = 1000\pi Dbh = \frac{2\pi}{1000} zm^2b, \quad (1.3)$$

где D – диаметр начальной окружности шестерни, м;

b – ширина зубчатого венца шестерни, м;

h – высота зубьев (или глубина впадины), м;

z – число зубьев шестерни;

m – модуль зацепления, мм.

Подача насоса, л/мин,

$$Q_n = \eta_o n_n V_0, \quad (1.4)$$

где η_o – объемный КПД насоса;

n_n – частота вращения шестерни, мин^{-1} .

Шестеренчатые насосы имеют постоянную подачу и работают в диапазоне частот вращения от 500 до 2500 мин^{-1} . Их применяют в гидросистемах машин, где величина КПД не имеет существенного значения. Для приводов

рабочих органов выпускают серии насосов, рассчитанных на давление до 25 МПа. Шестеренчатые двигатели используют также в нерегулируемых быстроходных передачах, не требующих большого пускового момента.

Современные конструкции шестеренчатых насосов отличаются повышенным номинальным давлением, широким диапазоном типоразмеров и пониженным уровнем шума. При необходимости их выполняют многосекционными (до четырех секций) и применяют в приводах мощностью до 75 кВт. КПД современных конструкций шестеренчатых насосов составляет 0,83–0,85.

Аксиально-поршневой насос – это роторная гидромашина, оснащенная вытеснителями в виде поршней (или плунжеров), у которой возвратно-поступательное движение поршней параллельно оси вращения насоса. В аксиально-поршневом насосе (рисунок 1.7) вместе с валом 1 вращается блок цилиндров 4, который расположен под углом к оси вала. При работе насоса поршни 3 при помощи шатунов 2 поочередно выдвигаются из цилиндров или вдвигаются в них. Соответственно, при выдвигении поршня из цилиндра рабочая жидкость засасывается из гидробака, а при втягивании – нагнетается в напорную магистраль. Угол наклона качающегося блока определяет ход поршней и подачу насоса. Эти насосы имеют постоянную подачу при постоянном угле наклона, т. е. являются нерегулируемыми, и переменную подачу при изменяющемся угле наклона, т. е. являются регулируемыми. Аксиально-поршневые насосы работают в диапазоне частот вращения от 1000 до 3000 мин⁻¹. Давление составляет 40–50 МПа, а КПД достигает 0,85–0,95.

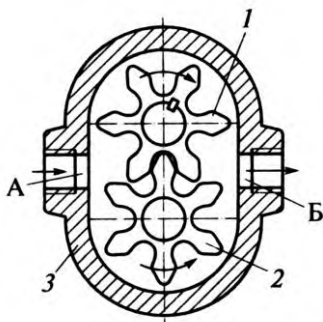


Рисунок 1.6 – Схема шестеренчатого насоса:

- А – полость всасывания;
- Б – напорная полость;
- 1 – ведущая шестерня;
- 2 – ведомая шестерня; 3 – корпус

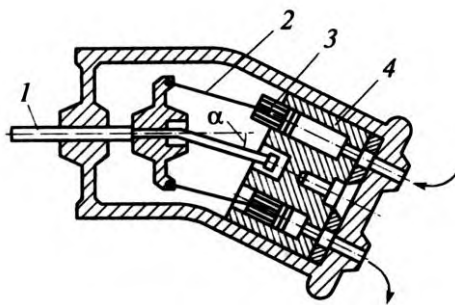


Рисунок 1.7 – Схема аксиально-поршневого насоса:

- 1 – вал; 2 – шатун; 3 – поршень;
- 4 – блок цилиндров

Аксиально-поршневые насосы и гидромоторы компактны, имеют большой КПД, сравнительно малую инерционность и удельную мощность до 12 кВт/кг. Недостатки – необходимость тонкой фильтрации рабочей жидкости, сложность изготовления и небольшая долговечность деталей насоса. Их применяют в главных и вспомогательных приводах путевых машин.

Рабочий объем аксиально-поршневого насоса, V_o , дм^3 , определяют по формуле

$$V_o = 1000 \frac{\pi d^2}{4} z D \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.5)$$

где d – диаметр цилиндра (поршня), м;

z – число поршней в блоке цилиндров;

D – диаметр окружности осей цилиндров, м;

α – угол наклона блока цилиндров относительно оси вала, град.

Подача насоса, л/мин,

$$Q_n = 1000 \eta_o \frac{\pi d^2}{4} z n_n D \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.6)$$

где η_o – объемный КПД насоса;

n_n – частота вращения блока, мин^{-1} .

Трансмиссии могут быть различной степени сложности, состоящие из одной или нескольких передач различного типа. В современных машинах это, как правило, комбинированные механизмы, которые передают вращательное и поступательное движение различным видам исполнительных механизмов, обеспечивают их реверс и заданное положение в пространстве, а также при необходимости преобразуют механическую энергию в другие виды энергии.

Имеется несколько вариантов передачи движения с помощью трансмиссий:

а) на ведущие колёса (ходовая трансмиссия);

б) на валы отбора мощности для привода активных рабочих органов вращательного типа;

в) на привод гидронасосов в гидросистемах ходового оборудования, рабочих органов и вспомогательного оборудования;

г) на привод электрогенератора для электродвигателей рабочего оборудования и элементов управления;

д) на привод компрессора для рабочих органов и вспомогательного оборудования.

Гидромеханические трансмиссии имеют наибольшее распространение. В настоящее время термин «гидромеханические» относят к сочетанию механических передач как с гидрообъемными, так и с гидродинамическими передачами. Соответственно, их называют *гидромеханическими трансмиссиями с гидрообъемной (гидростатической) передачей* и *гидромехани-*

ческими трансмиссиями с гидродинамической передачей. Напомним, что гидрообъемная передача – это насос и гидромотор, а гидродинамическая – это гидромуфта или гидротрансформатор.

В объемной гидропередаче две основные гидромашины соединены между собой трубопроводами: *объемный гидронасос*, который преобразует механическую энергию вращения приводного вала ДВС (крутящий момент) в энергию потока рабочей жидкости, и *гидродвигатель*, который производит обратную трансформацию – преобразует энергию потока жидкости в механическую энергию. В зависимости от типа гидродвигателя (вращательного или возвратно-поступательного действия) гидроэнергию преобразуют в два вида механической энергии. Во-первых, в энергию вращения вала *гидромотора* (за счет крутящего момента) с последующей передачей движения на вал исполнительного механизма. Во-вторых, в энергию поступательного силового воздействия на шток *гидроцилиндра* с последующей передачей движения рабочему оборудованию. Таким образом, в силовых передачах применяют два сочетания гидравлических машин:

- гидронасос – гидромотор;
- гидронасос – гидроцилиндр.

Объемные гидропередачи являются самыми распространенными в путевых и других машинах. Их достоинства используют в комбинированных трансмиссиях в сочетании с другими типами передач. В их числе гидромеханические ходовые трансмиссии и трансмиссии привода рабочих органов, пневмогидравлические тормозные системы и электрогидравлические системы управления. В большинстве австрийских путевых машин, которые эксплуатируются на отечественной железной дороге (например, в Duomatic 09-32 CSM, Dynamic Stophexpress 09-3X, SSP-110 SW, DGS-62), объемные гидропередачи используют в ходовых трансмиссиях для реализации рабочего режима, а также для привода большинства рабочих органов.

При передаче движения активным рабочим органам вращательного действия (щеткам, фрезам, роторам, шнекам и др.) используют схему «*гидронасос – гидромотор – механическая передача – рабочий орган*», мощности которых (N_H , N_M , $N_{p.o}$, кВт) связаны соотношениями:

$$N_H = N_M / \eta_H, \quad (1.7)$$

$$N_M = N_{p.o} / (\eta_{гм} \eta_{мех}) = M_{p.o} \omega_{p.o} / (\eta_{гм} \eta_{мех}), \quad (1.8)$$

где $\eta_{гм}$ – КПД гидромотора, $\eta_{гм} = \eta_o$;

$\eta_{мех}$ – КПД механической передачи между гидромотором и рабочим органом;

$M_{p.o}$ – расчетный момент сопротивления на рабочем органе, кН·м;

$\omega_{p.o}$ – угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с.

Мощность, кВт, которую развивает насос, зависит от его подачи Q_n

$$N_n = 100 Q_n \Delta p_n / 60 \eta_n, \quad (1.9)$$

где Δp_n – перепад давлений на входе и выходе насоса, МПа.

Вращающий момент, кН·м, на валу гидромотора

$$M_m = \frac{1}{2\pi} \eta_{gm} \Delta p_m V_o, \quad (1.10)$$

где Δp_m – перепад давления в гидромоторе, МПа, $\Delta p_m \approx 0,9 p_{ном}$,

$p_{ном}$ – номинальное давление в гидросистеме, МПа;

V_o – рабочий объем, дм³.

Передаточное число механической передачи между гидромотором и рабочим органом

$$u_m = \frac{M_{p.o}}{\eta_{мех} M_m}. \quad (1.11)$$

Подача Q_n зависит от характеристик гидросистемы и типа насоса.

При необходимости изменения положения рабочих органов или передаче исполнительным механизмам возвратно-поступательного движения используют схему «гидронасос – гидроцилиндр – рабочий орган». В путевых машинах находят применение гидроцилиндры различных типов: одностороннего (с возвратом штока под действием пружины) и двухстороннего (с односторонним и двухсторонним выходом штока) действия, телескопические и плунжерные. В некоторых случаях используют гидроцилиндры специального исполнения (например, для привода рычагов подбоек подбивочного блока машин для выправки, подбивки и рихтовки пути).

Для реализации этого вида движения в основном используют поршневые цилиндры двухстороннего действия с односторонним штоком. Усилия на штоке, определяющие технические возможности гидроцилиндров, зависят от их геометрических характеристик и давления рабочей жидкости.

Для гидроцилиндра с поршневой рабочей полостью усилие выдвигания штока, кН,

$$F_{выд} = 1000 \frac{\pi}{4} \eta_{ц} [(p_{п} - p_{ш}) D^2 + p_{ш} d^2], \quad (1.12)$$

где $\eta_{ц}$ – механический КПД гидроцилиндра, $\eta_{ц} = 0,85 \dots 0,95$

$p_{п}, p_{ш}$ – давление в поршневой и штоковой полостях соответственно, МПа;

D, d – диаметры поршня и штока соответственно, м;

Для гидроцилиндра со штоковой рабочей полостью усилие вытягивания штока, кН,

$$F_{\text{выт}} = 1000 \frac{\pi}{4} \eta_{\text{ц}} \left[(p_{\text{ш}} - p_{\text{п}}) D^2 - p_{\text{ш}} d^2 \right]. \quad (1.13)$$

Чтобы скорость перемещения штока была одинакова в обоих направлениях, должно соблюдаться условие

$$d^2 = D^2 / 2. \quad (1.14)$$

По типу передачи жидкости от насоса к мотору *объемные гидropередачи* бывают *открытыми* (с разомкнутой циркуляцией жидкости) и *закрытыми* (с замкнутой циркуляцией) без доступа воздуха к жидкости.

В открытых гидropередачах жидкость из бака подается насосом к гидродвигателю (гидроцилиндру или гидромотору) и, совершив работу, возвращается в бак. Наиболее простая схема типичной открытой гидropередачи «гидронасос – гидроцилиндр» представлена на рисунке 1.8. Поскольку в гидроцилиндрах поршневая (бесштоковая) и надпоршневая (штоковая) полости имеют разные объемы, их привод выполняют в основном по схеме с открытой циркуляцией.

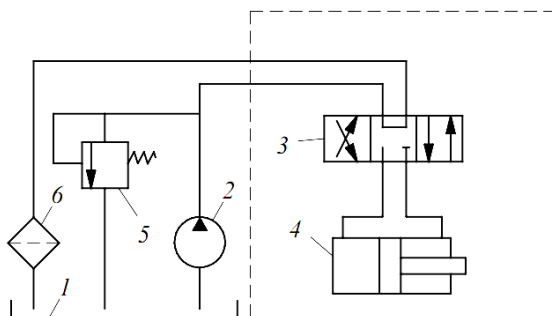


Рисунок 1.8 – Схема открытой гидropередачи:

- 1 – гидробак; 2 – насос (неревверсивный);
- 3 – гидрораспределитель;
- 4 – гидроцилиндр;
- 5 – предохранительный клапан; 6 – фильтр

Вал (входное звено) насоса 2 приводят во вращение от вала ДВС или через механическую передачу. Рабочая жидкость, поступившая в насос из бака 1 по всасывающей линии, подается под давлением по напорной линии через гидрораспределитель 3 и рабочую линию в полость гидроцилиндра 4. Под действием жидкости поршень перемещается вместе со штоком, в результате чего элемент рабочего оборудования выполняет рабочее движение. Золотник гидрораспределителя 3 может занимать одно из трех возможных положений. В среднем (нейтральном) положении обе полости гидроцилиндра 4 заперты, и его поршень неподвижен. При перемещении золотника влево рабочая жидкость насосом 2 нагнетается в левую полость гидроцилиндра, а его правая полость при этом сообщается со сливом через фильтр 6. В результате поршень гидроцилиндра перемещается вправо до тех пор, пока золотник распределителя не займет нейтрального положения. При перемещении золотника вправо рабочая жидкость насосом 2 нагнетается в правую полость гидроцилиндра, а его левая по-

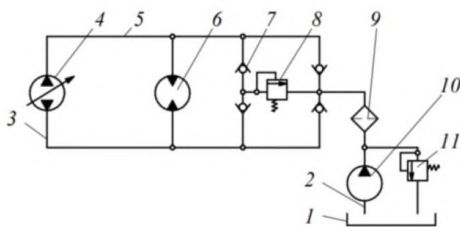
лость при этом сообщается со сливом также через фильтр 6. В результате поршень гидроцилиндра также перемещается влево до тех пор, пока золотник распределителя смещен относительно нейтрального положения. Поршень при данных перемещениях может дойти до упора в стенку цилиндра, тогда давление рабочей жидкости повысится настолько, что откроется предохранительный клапан 5 и жидкость, подаваемая насосом 2, начнет сливаться в гидробак 1.

В путевых машинах при наличии большого количества силовых гидроцилиндров, обеспечивающих управление положением рабочих органов, используют открытые передачи (см. рисунок 1.8). Они имеют наиболее простую схему с минимальным количеством элементов, необходимых для функционирования гидропривода. Но при этом происходят значительные потери рабочей жидкости.

В закрытых гидропередачах, например, в системе «гидронасос – гидромотор» (рисунок 1.9), рабочая жидкость от насоса 4 по напорной линии 5 поступает в гидромотор 6, а затем от него по сливной линии 3 возвращается в насос 4. При необходимости реверсирования потока напорная и сливная гидролинии меняются местами. Включение гидромотора 6 и регулирование его частоты вращения выполняют насосом 4 регулируемой подачи. Для компенсации утечек рабочей жидкости в замкнутом контуре используют подпитывающий насос 10, а давление (0,5–0,8 МПа) в системе подпитки обеспечивает клапан 11. От перегрузок систему защищает клапан 8. Закрытые гидропередачи отличаются большей компактностью, чем открытые, поскольку имеют бак 1 небольшого размера, предназначенный только для пополнения утечки рабочей жидкости.

Рисунок 1.9 – Схема закрытой гидропередачи:

1 – гидробак; 2, 3, 5 – всасывающая, сливная и напорная гидролинии; 4 – гидронасос (регулируемый реверсивный); 6 – гидромотор (реверсивный); 7 – обратный клапан; 8, 11 – предохранительные клапаны; 9 – фильтр; 10 – насос подпитки



В путевых машинах закрытые гидропередачи применяют в основном для передачи вращательного движения, например, в приводах ходового или рабочего оборудования машин (типа ВПР непрерывно-циклического действия или динамических стабилизаторов пути). Как видно из рисунка 1.9, их оснащают дополнительными насосами подпитки, подключенными к основной всасывающей линии для компенсации объемных потерь в замкнутом контуре.

Отметим, что в ряде моделей путевых машин используют гидросистемы, сочетающие достоинства открытой и закрытой схем. В такой системе часть отработанной рабочей жидкости из гидромотора сливают в резервуар, а

другую часть вместе с жидкостью, подаваемой подпиточным насосом, направляют в основной насос.

К достоинствам роторных гидромашин (шестеренчатых, аксиально-поршневых, радиально-поршневых и лопастных) объемного гидропривода рабочих органов и механизмов путевых машин относят малые габариты и массу. Их удельная масса составляет всего 0,1–0,2 кг/кВт, поэтому они обладают малой инерцией. Например, маховая масса гидродвигателя вращательного действия в несколько раз меньше маховых масс электродвигателя той же мощности. Очень важным достоинством роторных гидромашин является их принципиальная обратимость, т. е. возможность эксплуатации как в режиме гидронасоса, так и в режиме гидромотора. При этом отметим, что в приводах машин предпочтительно использовать однотипные гидромашины (насосы и моторы).

Гидромоторы могут быть низко- и высокомоментными.

У *низкомоментных гидромоторов* угловая скорость $\omega > 10$ рад/с и крутящий момент $M < 1000$ Н·м. Они являются быстроходными двигателями и характеризуются малыми величинами отношения крутящего момента к угловой скорости M / ω (от 0,06 до 60 Н·м·с⁻¹).

У *высокомоментных гидромоторов* $\omega < 10$ рад/с и $M > 1000$ Н·м. Они являются тихоходными двигателями с большими значениями M / ω , достигающими 1200 Н·м·с⁻¹. Их энергонасыщенность N / m в 2–5 раз ниже, чем у низкомоментного.

Эффективность гидрообъемных передач зависит от величины КПД гидронасоса, характеризующего потери энергии, которые складываются из объемных и гидромеханических потерь. Объемные потери, которые оцениваются объемным КПД η_o , возникают из-за утечки и циркуляции жидкости из области высокого давления в область низкого. Гидравлические потери включают две составляющие: местные потери и потери на трение по длине. Местные потери – это потери в местных гидравлических сопротивлениях, к которым относятся поворот, сужение или расширение, а также различные гидроустройства типа клапанов, жиклеров и др. Потери на трение по длине вызваны как внутренним трением в жидкости, так и трением по стенкам труб постоянного сечения. Соответственно, гидравлические потери характеризуются гидравлическим КПД η_r . Механические потери характеризуются механическим КПД η_m и связаны с потерями энергии на трение в подшипниках, уплотнениях и др. Таким образом полный КПД насоса

$$\eta_n = \eta_o \eta_r \eta_m. \quad (1.15)$$

Совершенствование гидрообъемных передач связано с уменьшением гидравлических потерь давления в трубопроводах за счет сокращения длины трубопроводов между насосами, гидрораспределителями и гидромоторами,

снижения количества соединений трубопроводов, а также применения фланцевых соединений.

Гидродинамические передачи содержат только одну гидромашину (гидромуфту или гидротрансформатор), в которой происходит двойная трансформация энергии – механической в энергию потока жидкости и обратно в механическую – и затем сообщается исполнительным механизмам. Взаимодействие рабочего органа гидромашины с рабочей жидкостью происходит в проточной полости, которая постоянно сообщается с ее входом и выходом. Для обеспечения эффективности передачи энергии необходимы большие скорости движения рабочих органов и рабочей жидкости, поэтому именно их *динамическое взаимодействие* является решающим фактором рабочего процесса.

Гидродинамические передачи используют, как правило, в ходовых трансмиссиях путевых машин. В них механическая энергия ДВС преобразуется в кинетическую энергию потока жидкости, которая затем вновь трансформируется в механическую энергию. Принцип их действия состоит в том, что в едином корпусе гидромашины поток рабочей жидкости (мазовязкого минерального масла с присадками), разогнанный лопастями насосного колеса (от вала ДВС), передает большую часть своей кинетической энергии лопастям турбинного колеса и тем самым заставляет вращаться вал турбины. Если сопоставить эту передачу с объемной, то функции гидронасоса выполняет насосное колесо, а гидромотора – турбинное. Но при этом они передают мощность только на расстояния, ограниченные их габаритами.

Гидромеханические трансмиссии с гидродинамической передачей используют в приводах многих машин. Их основой являются *гидромуфты* и *гидротрансформаторы*, которые относятся к *гидродинамическим передачам* (нередко их называют гидродинамическими машинами).

Гидромуфта (ГМ) состоит из корпуса (рисунок 1.10), в котором соосно установлены два лопастных колеса, а также подшипников и других деталей. Насосное колесо 3 соединено с двигателем через входной вал 1, а турбинное 4 связано выходным валом 5 с исполнительным механизмом. Лопастные колёса, имеющие плоские радиально расположенные лопатки, образуют в корпусе торообразную полость, которая на 3/4 заполнена рабочей жидкостью.

При вращении насосного колеса жидкость за счет центробежных сил раскручивается при помощи лопаток и отбрасывается от оси вращения к

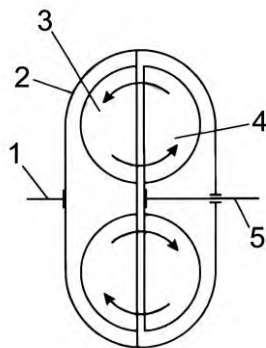


Рисунок 1.10 – Гидромуфта:

1 – входной вал (от ДВС);

2 – корпус;

3 – насосное колесо; 4 – турбинное

колесо; 5 – выходной вал

периферии колеса. В результате в периферийной зоне создается повышенное давление и происходит перетекание жидкости в полость турбинного колеса. При этом жидкость воздействует на лопатки турбины, заставляя последнюю вращаться. Поскольку жидкость отдает свою энергию турбинному колесу, ее скорость уменьшается, она смещается от периферии колеса к его оси вращения и переходит из полости турбинного в полость насосного колеса. Далее рабочий процесс повторяется: жидкость циркулирует в межлопаточном пространстве колес по замкнутому контуру.

Гидромукфы размещают между ДВС и исполнительными механизмами. Их используют для автоматического бесступенчатого изменения скорости движения рабочего органа в зависимости от внешней нагрузки, а также в качестве предохранительных муфт для защиты ДВС от перегрузок. В приводах с гидромукфами двигатель можно запускать без отключения трансмиссии.

Они не предназначены для преобразования величины и направления крутящего момента. В гидромукфе не происходит изменение крутящего момента (крутящие моменты на валах насосного и турбинного колес равны, т. е. $M_n = M_t$), поэтому ее КПД численно равен передаточному числу:

$$\eta_{\text{ГМ}} = \frac{N_t}{N_n} = \frac{M_t \omega_t}{M_n \omega_n} = \frac{\omega_t}{\omega_n} = u_{\text{ГМ}}, \quad (1.16)$$

где N_t, N_n – мощность на валах турбинного и насосного колес, кВт;

M_t, M_n – крутящие моменты на турбинном и насосном колесах, кН·м;

ω_t, ω_n – угловая скорость турбинного и насосного колес, с⁻¹;

$u_{\text{ГМ}}$ – передаточное число ГМ.

При этом КПД гидромукфы не является постоянной величиной. Он меняется от нуля (в момент включения) до максимальных значений – 0,97–0,98 (при движении с постоянной скоростью).

Поскольку в гидромукфе отсутствует жесткая механическая связь между колесами, турбинное колесо отстает от насосного, в результате чего угловая скорость выходного вала будет меньше скорости входного, т. е. $\omega_t < \omega_n$. Это отставание характеризуют *скольжением* (безразмерным кинематическим параметром). Скольжение S связано с угловыми скоростями колес следующим соотношением:

$$S = \frac{\omega_n - \omega_t}{\omega_n} = 1 - \frac{\omega_t}{\omega_n} = 1 - u_{\text{ГМ}}. \quad (1.17)$$

Гидромукфы по сравнению с фрикционными сцеплениями, применяемыми в механических трансмиссиях, значительно снижают динамические нагрузки в двигателе, не требуют регулировок в эксплуатации и упрощают управление машины.

Гидротрансформатор (ГТ) устанавливают между двигателем и коробкой передач. Он обеспечивает бесступенчатое изменение крутящего момента на каждой из передач и смену передач без выключения сцепления. ГТ (рисунок 1.11), имеет, помимо насосного и турбинного колес, специальный элемент (его устанавливают между колесами), а также корпус, подшипники и другие детали. Специальный элемент называют реактором, поскольку благодаря ему в полости ГТ возникает реактивный момент и изменяется не только частота вращения выходного вала (как в гидромуфте), но и крутящий момент, передаваемый от входного к выходному валу.

Таким образом, ГТ (см. рисунок 1.11) содержит три рабочих колеса: насосное 4, турбинное 3 и реакторное 5. Основное отличие конструкции колес ГТ от колес муфты состоит в том, что они имеют сложный криволинейный профиль лопаток. Реактор 5 может быть установлен неподвижно или может вращаться на обгонной муфте 6. При работе гидротрансформатора насосное колесо 4 жестко соединено с его корпусом 2, который приводится во вращение коленчатым валом 1 двигателя. При этом жидкость захватывается лопатками вращающегося насосного колеса 4, отбрасывается центробежной силой к наружной окружности и попадает на лопатки турбинного колеса 3. Благодаря создаваемому при этом напору колесо приводится во вращение вместе с выходным валом 7. Затем жидкость попадает на лопатки неподвижно закрепленного реакторного колеса 5, которое изменяет направление ее потока, и опять поступает к насосному колесу. Таким образом, рабочая жидкость непрерывно циркулирует по замкнутому кругу внутренней полости рабочих колес и участвует в общем вращении с колесами.

Лопатки неподвижного реакторного колеса изменяют направление проходящего через него потока жидкости. При этом на его лопатках возникает усилие, вызывающее появление реактивного момента. При большой разнице скоростей между насосом и турбиной реактивный момент будет добавляться к моменту на турбине. В результате крутящий момент на турбинном колесе будет больше момента на насосном колесе. По мере выравнивания скоростей насосного и турбинного колес реактор, благодаря муфте свободного хода, начинает свободно вращаться, что сопровождается увеличением КПД и снижением коэффициента трансформации.

Итак, *если реактор неподвижен*, то при изменении внешней нагрузки в ГТ преобразуется (изменяется) не только скорость, но и крутящий момент. При этом вне зависимости от внешней нагрузки момент и угловая скорость на

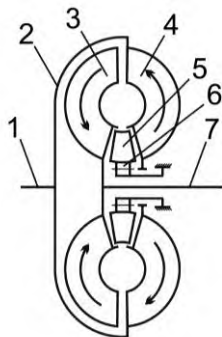


Рисунок 1.11 – Гидротрансформатор:
1 – входной вал (от ДВС);
2 – корпус; 3 – турбинное колесо; 4 – насосное колесо;
5 – реакторное колесо;
6 – обгонная муфта;
7 – выходной вал

насосном колесе (т. е. и на валу ДВС) изменяются незначительно, чем обеспечивается защита ДВС от перегрузок. Однако наличие неподвижного реактора снижает КПД гидротрансформатора: его максимальные значения не превышают 0,85–0,87.

КПД гидротрансформатора определяют по формуле, связывающей коэффициент трансформации с передаточным числом,

$$\eta_{\text{ГТ}} = \frac{N_{\text{Т}}}{N_{\text{Н}}} = \frac{M_{\text{Т}}\omega_{\text{Т}}}{M_{\text{Н}}\omega_{\text{Н}}} = k_{\text{ГТ}}u_{\text{ГТ}}, \quad (1.18)$$

где $k_{\text{ГТ}}$ – коэффициент трансформации (или динамическое передаточное число),

$$k_{\text{ГТ}} = \frac{M_{\text{Т}}}{M_{\text{Н}}} = \frac{M_{\text{Н}} + M_{\text{Р}}}{M_{\text{Н}}}, \quad (1.19)$$

$M_{\text{Т}}$, $M_{\text{Н}}$, $M_{\text{Р}}$ $M_{\text{Т}}$ – крутящие моменты на валах турбинного, насосного и реакторного колес соответственно, кН·м;

$u_{\text{ГТ}}$ – передаточное число ГТ.

Крутящий момент, на валу насосного колеса, кН·м, определяют по формуле

$$M_{\text{Н}} = \lambda \rho \omega^2 D^5 / 1000, \quad (1.20)$$

где λ – безразмерный коэффициент, зависящий от режима работы гидropередачи;

ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³;

ω – угловая скорость вращения колеса, рад/с;

D – наибольший диаметр рабочей полости, м.

Мощность, на валу насосного колеса, кВт,

$$N_{\text{Н}} = \lambda \rho \omega^3 D^5 / 1000. \quad (1.21)$$

Если реакторное колесо установлено на обгонной муфте, она включается автоматически при малых нагрузках и освобождает реакторное колесо, вследствие чего оно вращается вместе с насосным и турбинным колесами. В этом случае гидротрансформатор становится гидромуфтой, поскольку у него отсутствует неподвижное реакторное колесо. Как следствие, при работе в режиме гидромуфты существенно повышается КПД гидромашины. Соответственно, при переходе в режим гидромуфты коэффициент трансформации составляет $k_{\text{ГТ}} = 1$, а выражение (1.18) преобразуется в формулу (1.16).

Гидромашину, совмещающую функции гидротрансформатора (с изменением крутящего момента) и гидромуфты (без изменения момента), называют *комплексным гидротрансформатором* и часто применяют в путевых машинах. По мере разгона и увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя момент на турбинном колесе уменьшается и становится рав-

ным моменту на насосном колесе (при $k_{тр} = 1$). При этом ГТ переходит в режим работы ГМ (без преобразования крутящего момента). При снижении частоты вращения коленчатого вала ГТ возвращается в свой основной режим эксплуатации (с преобразованием крутящего момента). Таким образом, в широком диапазоне передаточных чисел такая гидромашина может работать как ГТ, а в узком диапазоне больших передаточных чисел – как ГМ. Это обеспечивает значительное (до 10 %) повышение КПД: с 0,85–0,87 до 0,94–0,98.

В силовых передачах выправочно-подбивочно-рихтовочных машин (например, в Plasser Duomatic 09-32 CSM) дополнительно ставят муфту сцепления, которая при выходе гидротрансформатора на нормальный режим работы напрямую соединяет валы двигателя и исполнительного механизма. Гидротрансформатор в этом случае используют только в режиме разгона, позволяя повысить общий КПД силовой трансмиссии.

Гидротрансформаторы обеспечивают автоматическое бесступенчатое изменение передаточного числа в зависимости от момента сопротивления на турбинном колесе. Это свойство дает возможность использовать ГТ в трансмиссии машины как коробку передач с бесступенчатым изменением передаточного числа. Однако при этом в трансмиссии устанавливают дополнительный редуктор для получения заднего хода.

ГТ применяют в приводах машин, для которых с изменением внешних нагрузок следует автоматически изменять рабочие скорости, а также снижать динамические нагрузки при стопорении рабочих органов при встрече с непреодолимым препятствием.

Основным недостатком гидродинамических машин (ГМ и ГТ) является передача мощности только на расстояния, ограниченные их габаритами, и передача только вращательного движения.

Однако в ходовых трансмиссиях, обеспечивающих транспортное перемещение путевых машин, компактность гидродинамических передач, которые передают только вращательное движение, является достоинством. Более того, их совмещение с механическими передачами обеспечивает эффективное управление приводом хода машины. ГТ дают быстрый разгон и торможение, хорошо гасят крутильные колебания, выполняют функции автоматических бесступенчатых коробок скоростей и согласовывают работу механизмов, получающих энергию от одного двигателя. При этом они позволяют значительно уменьшить число ступеней переключения передач по сравнению с чисто механическими трансмиссиями.

Следует иметь в виду, что для гидродинамических передач необходима дополнительная гидросистема с вспомогательным насосом. Рабочая жидкость поступает в рабочую полость ГТ (или ГМ) с помощью отдельного насоса (обычно шестеренчатого). Посредством этого же насоса производят

замену нагревающейся при циркуляции жидкости охлажденной, а также восполнение ее утечек.

Как правило, гидромеханическая трансмиссия с гидродинамической передачей состоит из ГТ (бесступенчатой гидродинамической коробки передач), гидросистемы его маслопитания, механической коробки передач (вальной или планетарной) и гидроэлектрической (или пневмогидроэлектрической) системы управления. Если система управления трансмиссии имеет электронный блок, который управляет работой передачи по заданной программе от сигналов, поступающих от группы датчиков, то такой агрегат называют *автоматической коробкой передач*.

В путевых машинах, которые являются сложными машинными агрегатами, имеется пять основных вариантов применения гидропривода:

1) в ходовых трансмиссиях используют только гидродинамические передачи, независимо от режима хода (в мотовозах МПТ-4, МПТ-6, МПТ-6.4, МПТ-6Ш, МПТ-Г);

2) для привода хода и рабочих органов используют только гидрообъемные передачи (в машинах RM-80 UHR, RM-76, SVP-74, COMPELVAC 500RD);

3) для привода хода в рабочем режиме используют гидрообъемные передачи, в транспортном – гидродинамические передачи (в машинах Duomatic 09-32 CSM, Dynamic Stophexpress 09-3X, SSP-110 SW, DGS-62);

4) для привода хода в рабочем режиме используют гидрообъемные передачи, в транспортном – механические (в машинах Duomatic 08-32 Centertool, UNIMAT COMPACT 08-275/3S-16, UNIMAT 08-475-4S);

5) для привода хода используют гидродинамические передачи, для привода рабочего оборудования – гидрообъемные (в машинах Duomatic 09-32 CSM, Dynamic Stophexpress 09-3X, SSP-110 SW, DGS-62).

В новых моделях австрийской компании «Plasser & Theurer» используют гибридный тяговый привод, обеспечивающий возможность работать как от собственной дизельной силовой установки, так и от контактной сети. В частности, этим приводом оснащают машину для непрерывной подбивки пути модели 09-4X Dynamic StopfExpress E3. На ее головном вагоне размещают силовой модуль, в состав которого входит дизель-генераторная установка и электрооборудование, а на крыше устанавливают токоприемник, обеспечивающий питание асинхронных тяговых двигателей от контактной сети через силовой трансформатор.

При автономной работе первичным источником энергии является дизельный двигатель C32 ACERT (компании Caterpillar) мощностью 839 кВт. При работе от контактной сети силовой модуль обеспечивает мощность до 660 кВт. Согласно оценкам путевые машины, оснащенные гибридным приводом, потребляют на 65 % меньше топлива, чем машины с традиционной силовой установкой.

В планах компании «Plasser & Theurer» разработка машин, рассчитанных на питание от контактной сети переменного тока.

Электрический привод в общем случае включает силовую установку (ДВС), электрические передачи, механические передачи, систему управления и вспомогательные устройства. Его реализуют в двух вариантах:

- в виде комбинированной силовой установки ДВС – электрогенератор, размещение составных частей которой зависит от способа передвижения единицы СПС. В самоходной единице силовая установка целиком находится на машине, в несамоходной – ДВС находится на локомотиве, а электрогенератор – на машине. От силовой установки следует передача энергии электродвигателю и далее исполнительным механизмам (например, этот агрегат используют в приводе хода укладочных кранов УК 25/9-18, УК 25СП, УК 25/28СП, моторных платформ МПД-2 и др.);

- в виде сетевого электродвигателя, который получает электроэнергию от источника питания вне машины, т. е. от электросети, и передает механическую энергию исполнительным механизмам (такую схему используют в некоторых типах кранов). Этот вариант можно назвать универсальным, так как для автономной работы вместо сетевого питания можно подключать двигатель внутреннего сгорания, установленный на машине или на локомотиве.

Автономный электрический привод широко используют в путевых машинах. Дизель-электрический агрегат (см. таблицу 1.2) передает крутящий момент электродвигателям постоянного или переменного тока, которые в свою очередь передают его через механические передачи исполнительным механизмам.

Электродвигатели постоянного тока применяют в основных тяговых приводах, а электродвигатели переменного тока, как правило, – во вспомогательных приводах.

Электродвигатели постоянного тока являются наиболее подходящими для приводов путевых машин с тяжелым режимом работы. Они обеспечивают плавность пуска и торможения механизмов, имеют значительную перегрузочную способность и экономичность, постоянную готовность к работе независимо от температуры эксплуатации. Их используют в качестве тяговых двигателей в путеукладочных машинах, а также для привода рабочих органов с тяжелыми условиями эксплуатации.

В *электрических тяговых трансмиссиях*, как правило, применяют тяговые электродвигатели с последовательным возбуждением, имеющие большой пусковой момент. При работе под нагрузкой они обладают хорошей способностью к саморегулированию: с повышением нагрузки их крутящий момент увеличивается, с понижением – уменьшается. Эти свойства тяговых электродвигателей с последовательным возбуждением используют в тяговых устройствах путевых машин и локомотивов. В целом электрические

трансмиссии обеспечивают простоту компоновки и упрощение механической части трансмиссии, бесступенчатое регулирование тяговой характеристики, а также возможность эффективной реализации большой мощности (их КПД достигает 0,8).

К их недостаткам как элементов трансмиссий следует отнести большие габариты и массу агрегатов трансмиссий.

Следует также отметить, что постоянный ток используют в устройствах управления пневмо- и гидроприводом.

Для иллюстрации применения тяговых электродвигателей постоянного тока на рисунке 1.12 представлена кинематическая схема автономного укладочного крана УК-25 СП. Он снабжен двумя дизельными двигателями и двумя генераторами постоянного тока. В свою очередь они приводят четыре тяговых электродвигателя (мощностью по 43 кВт), которые через систему механических передач обеспечивают привод хода, и два электродвигателя (мощностью по 12 кВт), которые приводят рабочее (крановое) и вспомогательное оборудование. На рисунке 1.12 показана часть схемы, которая включает два тяговых 13 и один вспомогательный 6 двигатели. Тяговые двигатели 13 передают крутящий момент через карданные 12 и зубчатые передачи 1 к ведущим ходовым колесам трехосной тележки, а электродвигатель 6 через червячную 5 и цилиндрическую 3 передачи приводит барабан 11 грузовой (или тяговой) лебедки грузоподъемного оборудования, а также насос 7 гидропривода управления рабочими органами, вспомогательное оборудование, компрессоры пневмосистемы и др.

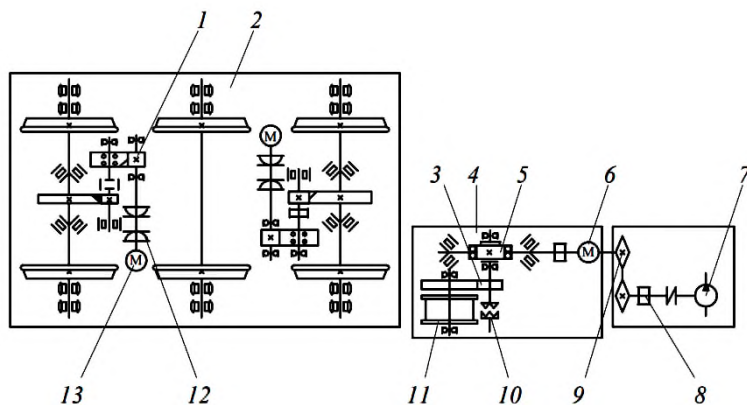


Рисунок 1.12 – Кинематическая схема укладочного крана УК-25 СП:
 1, 3 – зубчатые передачи; 2 – блок привода хода; 4 – блок привода грузоподъемного оборудования; 5 – червячная передача; 6 – электродвигатель; 7 – гидронасос; 8, 15 – муфты;
 9 – цепная передача; 10 – зубчатая муфта; 11 – барабан лебедки; 12 – карданная передача;
 13 – тяговый электродвигатель

В *транспортном режиме* питание тяговых электродвигателей ходовых тележек крана осуществляют от одной или двух дизель-генераторных установок одновременно. В *рабочем режиме* одну дизель-генераторную установку используют для передвижения крана со специальным составом, а другую – для привода грузоподъемного и вспомогательного оборудования.

Электродвигатели переменного тока имеют высокую надежность и могут выдерживать большие кратковременные перегрузки (предельный коэффициент перегрузки по крутящему моменту, т. е. отношение максимального к номинальному моменту $k_{\text{пер}} = 1,8 \dots 2,2$). В зависимости от мощности они имеют либо короткозамкнутый (при $N \leq 10$ кВт), либо фазовый (при $10 \leq N \leq 150$ кВт) роторы.

В путевых машинах в основном применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и электродвигатели с фазным ротором.

Двигатели с короткозамкнутым ротором удобны в управлении, но для их пуска требуется большой ток (пусковой момент). Как правило, такие двигатели используют только для привода лебедок и вспомогательных механизмов.

Двигатели с фазным ротором удовлетворительно работают при частых пусах и торможениях, их частоту вращения можно регулировать.

По сравнению с электродвигателями постоянного тока асинхронные электродвигатели имеют жесткую механическую характеристику, что позволяет им стабильно работать с заданной скоростью, а при одинаковой мощности – иметь меньшую массу и габариты. Асинхронные электродвигатели переменного тока применяют для привода виброплит, выгребных цепей и грохотов щебнеочистительных машин, рабочих органов снегоуборочных машин, а также привода насосов насосных станций.

В качестве механических передач, обеспечивающих вращение от вала электродвигателя к исполнительным механизмам, используют червячные, зубчатые (цилиндрические и конические), карданные передачи.

На рисунке 1.13 представлено два варианта схем привода (для машин типа ВПО) от электродвигателя переменного тока к исполнительным механизмам (вибровозбудителям). В первом варианте электродвигатель 1 через карданную передачу 2 приводит через синхронизирующие зубчатые передачи 4 дебалансы 3 вибровозбудителей виброплиты (машины ВПО-3000, выпускавшейся ранее), которые обеспечивают уплотнение щебня со стандартной частотой 25 Гц. Во втором варианте (в машине ВПО-3-3000С) в привод от электродвигателя 1 между карданной передачей 2 и зубчатыми передачами 4 вводят ускоряющую передачу 5, что способствует реализации за счет дебалансов 3 оптимальной для уплотнения щебня частоты вибраций 33,5 Гц.

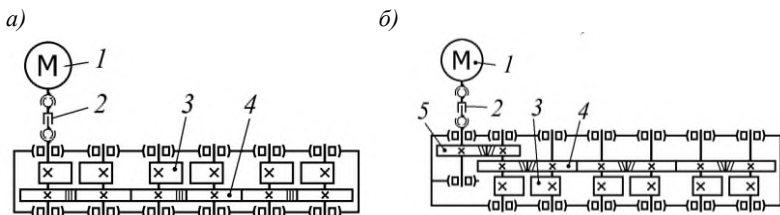


Рисунок 1.13 – Кинематические схемы приводов виброплит машин ВПО-3000 (а) и ВПО-3-3000С (б);

1 – электродвигатели; 2 – карданные передачи; 3 – дебалансы;
4 – синхронизирующие зубчатые передачи; 5 – ускоряющая зубчатая передача

Промышленность выпускает электродвигатели различного конструктивного исполнения, что позволяет рационально компоновать электропривод с учетом режимов нагружения и условий эксплуатации. На путевых машинах для питания силового электропривода переменного трехфазного тока используют напряжение 220 или 380 В, а для питания электропривода постоянного тока – 220 В. Электродвигатели постоянного тока с напряжением 24 В применяют в приводах элементов автоматики и ряда вспомогательных устройств.

При сетевом электропитании в основном используют общепромышленные трехфазные асинхронные двигатели (ЭД с контактными кольцами), которые получают энергию от электросети с напряжением 220 и 380 В и частотой 50 Гц.

Пневматический привод в общем виде включает силовую установку (ДВС), пневматические передачи, механические передачи, систему управления и вспомогательные устройства. Им оснащают большинство путевых машин и используют в тормозных системах, а также для привода рабочего и вспомогательного оборудования. ДВС и компрессор, т. е. пневмопривод может быть установлен непосредственно на путевой машине, на локомотиве или на тяговом модуле (в зависимости от назначения и способа передвижения машины).

В пневматическом приводе механическая энергия силовой установки преобразуется в энергию движения сжатого воздуха (с давлением до 0,8 МПа) и обратно – в движение исполнительного механизма.

Его основными агрегатами являются компрессор, воздухосборник (ресивер), пневматические двигатели, соединительные воздухопроводы, регуляторы давления и предохранительные клапаны, воздушные фильтры, маслолагоотделитель и воздухоохладитель.

Компрессоры используют для выработки сжатого воздуха. Их приводят двигателем внутреннего сгорания или электродвигателем. По принципу действия компрессоры разделяют на поршневые, ротационные, турбинные, диафрагменные и винтовые. Всасывание воздуха, его сжатие и нагнетание в ресивер производят движением вытеснителей (поршней, пластин, зубьев шестерен, диафрагм, винтов). Наиболее распространенным является одноступенчатый *поршневой компрессор*, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1.14.

В корпусе цилиндра 4 перемещается поршень 5, возвратно-поступательное движение которого обеспечивается приводимым от двигателя 7 коленчатым валом 6 с шатуном 8. На крышке цилиндра установлены подпружиненные автоматически действующие клапаны – всасывающий 9 и нагнетающий 3. При движении поршня вниз в цилиндре создается разрежение, вследствие чего автоматически открывается клапан 9, и в рабочую камеру из атмосферы через фильтр 1 всасывается воздух. При движении поршня вверх клапан 9 закрывается, и воздух в цилиндре сжимается.

Когда давление воздуха в рабочей камере достигает заданного значения, открывается клапан 3 и воздух выталкивается из цилиндра в воздухохранилище 2. За один оборот коленчатого вала происходит полный цикл работы компрессора: всасывание воздуха, его сжатие и нагнетание.

Поршневые компрессоры бывают одно- и многоцилиндровыми с одно- и многоступенчатым сжатием (их КПД связаны соотношением $\eta_{мсс} = (1,10 \dots 1,15)\eta_{осс}$). В двухступенчатом происходит сжатие сначала до 0,20–0,25 МПа, а затем до 0,4–0,8 МПа, что обеспечивает увеличение КПД на 10–15 % по сравнению с одноступенчатым сжатием.

Воздухохранилище (ресивер) предназначен для накопления сжатого рабочего воздуха, уменьшения пульсации давления в нагнетательной пневмолинии, а также для охлаждения и очистки воздуха от воды и масла.

Пневматический привод близок по конструкции гидравлическому приводу. К его достоинствам следует отнести:

- 1) плавное включение и торможение механизмов;
- 2) надежность и простоту в обслуживании;
- 3) малую чувствительность к динамическим нагрузкам;
- 4) способность переносить перегрузки (вплоть до стопорения).

К недостаткам относят:

- 1) невысокую удельную мощность;
- 2) трудность точного регулирования (из-за высокой сжимаемости воздуха);
- 3) низкий КПД;
- 4) большой шум при работе.

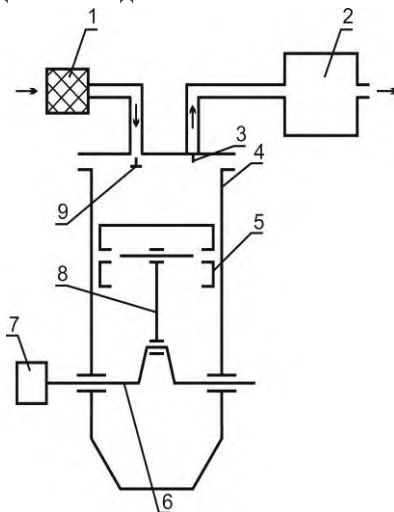


Рисунок 1.14 – Схема поршневого компрессора одноступенчатого сжатия:

- 1 – фильтр; 2 – воздухохранилище;
- 3 – нагнетательный клапан; 4 – корпус;
- 5 – поршень; 6 – коленчатый вал;
- 7 – двигатель; 8 – шатун;
- 9 – всасывающий клапан

Пневматические двигатели предназначены для преобразования энергии сжатого воздуха в возвратно-поступательное или вращательное движение выходного звена. Их разделяют на пневмоцилиндры и пневмомоторы. Конструктивно они похожи на гидроцилиндры и гидромоторы. Но их рабочие цилиндры значительно больше по размерам, чем гидроцилиндры, из-за меньших давлений в пневмосистеме.

Пневоаппараты (пневмораспределители, предохранительные, редукционные, обратные клапаны, пневмодроссели) служат для изменения направления движения рабочего воздуха к пневмодвигателям, изменения или стабилизации расхода и давления воздуха в системе.

Простота конструкции и мягкость включения обеспечивают применение пневматических устройств для управления тормозными и другими механизмами.

На рисунках 1.15–1.17 представлены варианты схем управления тормозами различных машин. В путевых машинах управление тормозами зависит от способа передвижения машины. В прицепных машинах тормоза приводятся от двигателя и компрессора локомотива, в самоходных – от силовой установки самой машины через электродвигатель и компрессор.

На рисунке 1.15 показана схема подачи сжатого воздуха в тормозную систему снегоочистителя типа СДП, прицепленного к локомотиву. При работе с локомотивом соединительный рукав 1 тормозной магистрали снегоочистителя связан с соединительным рукавом 1 тормозной магистрали локомотива при открытых концевых кранах 2. При зарядке тормозной магистрали краном машиниста локомотива сжатый воздух через тройник 4 и разобщительный кран 5 воздействует на воздушнораспределитель 6, после чего в резервуаре 8 устанавливается зарядное давление. При торможении краном машиниста давление в магистрали снижается, срабатывает воздушнораспределитель, который соединяет резервуар 8 с тормозными цилиндрами 7. В результате их штоки через тормозную рычажную систему прижимают колодки тормозов к колесным парам.

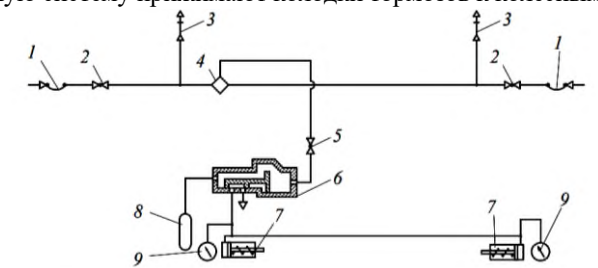


Рисунок 1.15 – Принципиальная схема пневмосистемы управления тормозами снегоочистителя СДП:

- 1 – соединительные рукава; 2 – концевые краны; 3 – стоп-краны; 4 – тройник;
- 5 – разобщительный кран; 6 – воздушнораспределитель; 7 – тормозные цилиндры;
- 8 – запасной резервуар; 9 – манометры

Значительно сложнее пневмосистема самоходной машины (типа ВПР-02), принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.16. Подачу сжатого воздуха в систему тормозного и рабочего оборудования осуществляют с помощью компрессоров КМ1 и КМ2, подключенных параллельно. Воздух поступает из атмосферы через воздушные фильтры Ф1 и Ф2, воздухоохладитель АТ1 и сепаратор-осушитель (адсорбер) ВД1 в ресивер РС1 и далее в магистраль ПМ для привода тормозов.

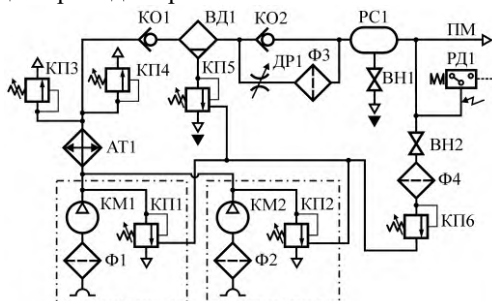


Рисунок 1.16 – Принципиальная схема подачи сжатого воздуха в тормозную систему:

ПМ – питательная магистраль; КМ1, КМ2 – компрессоры; Ф1–Ф4 – воздушные фильтры; КП1, КП2 – клапаны холостого хода компрессора; КП3, КП4 – предохранительные клапаны; КП5 – клапан холостого хода для продувки сепаратора-осушителя; КП6 – регулятор давления;

КО1, КО2 – обратные клапаны; ВД1 – сепаратор-осушитель (адсорбер); ДР1 – дроссель;

АТ1 – аппарат теплообменный; РС1 – ресивер; РД1 – реле давления

Для наглядности и сопоставления с пневмосхемой путевой машины на рисунке 1.17 представлена одна из типичных схем управления тормозами (ленточным и колодочным) самоходной пневмоколесной машины. Компрессор 1, который приводят электродвигателем, подает сжатый воздух в ресивер 3 через масловлагоотделитель 2. От ресивера воздух поступает к распределителям 6, далее к рабочей камере 10 и пневмоцилиндру 9, которые обеспечивают управление тормозами 8 и 12.

Таким образом, схема (см. рисунок 1.17) дает возможность показать взаимосвязь и взаимодействие компонентов пневмопривода и специфику управления тормозами различных типов.

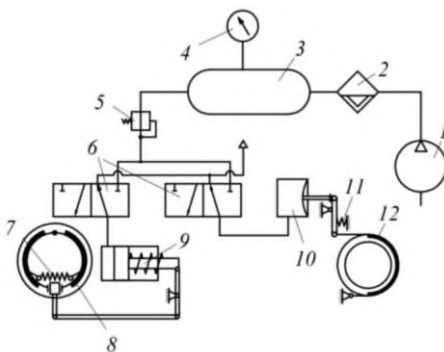


Рисунок 1.17 – Принципиальная схема пневмосистемы управления тормозами:

1 – компрессор; 2 – масловлагоотделитель; 3 – ресивер; 4 – манометр; 5 – предохранительный клапан; 6 – распределитель; 7, 11 – пружины; 8 – колодочный тормоз; 9 – пневмоцилиндр; 10 – рабочая камера; 12 – ленточный тормоз

1.5 Типовые сборочные единицы

Рама путевой машины является ее базовой конструкцией, на которой размещают привод, тормозную систему, рабочее оборудование, кабину и систему управления, а также сигнальные и другие устройства. Рама опирается через систему рессорного подвешивания на колесные пары (для двухосных машин) или ходовые тележки. В зависимости от назначения машины имеется несколько вариантов конструкций рам:

- платформа с верхней площадкой для размещения оборудования (у путеукладчиков, моторных платформ, грузовых дрезин, очистных секциях щебнеочистительных поездов, тяговых модулях);

- ферма, состоящая из двух сварных продольных балок, соединенных поперечными связями в виде диафрагм и раскосов (у электробалластеров и машин на их базе, выправочно-подбивочно-отделочных машин непрерывного действия и др.);

- специальная рама, выполненная под компоновку рабочего и другого оборудования (у выправочно-подбивочно-рихтовочных машин, хоппер-дозаторах, планировщиках балласта и др.).

Действующие на раму путевой машины статические и динамические нагрузки передаются через ходовые тележки и колесные пары на рельсы. Характер их распределения зависит от колесной формулы путевой машины.

Для самоходных двухосных машин нагрузка передается от рамы через двухступенчатое рессорное подвешивание, буксы и колесные пары (рисунк 1.18, *а*). Подвешивание содержит листовую рессору 11, тяги 3 и спиральные рессоры 8.

Для несамоходных (прицепных) машин используют типовые тележки грузовых вагонов (рисунк 1.18, *б*), которые подкатывают под рамы. Тележки имеют только центральное рессорное подвешивание (буксовое отсутствует). Боковые балки 7 непосредственно соединены с буксами 9, а надрессорная или шкворневая балка 5 опирается на них через комплекты спиральных рессор 8 и клиновые фрикционные гасители колебаний. В средней части надрессорной балки 5 имеется шкворневой узел 4 крепления тележки к раме, а по ее бокам – скользуны для обеспечения поперечной устойчивости рамы машины.

Кроме того, в путевых машинах используют типовые (тип 18-102) трехосные (в машинах для ремонта земляного полотна, в снегоуборочных машинах и др.), спаренные (тип 18-101) двухосные (на электробалластах) и специальные ходовые тележки.

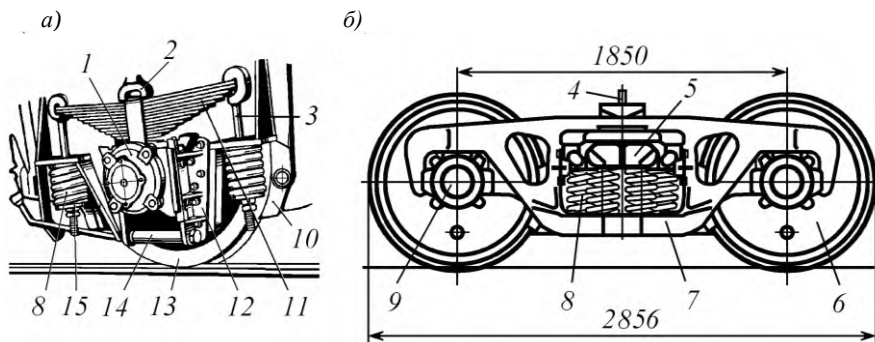


Рисунок 1.18 – Подвеска колесных пар:

- а* – двухосной машины; *б* – типовой тележки (тип 18-100) грузового вагона;
- 1, 9 – буксы; 2 – направляющие хомута рессоры; 3 – тяги; 4 – шкворневой узел и скользящий;
 5 – наддрессорная балка с клиновым фрикционным поглощающим аппаратом;
 6, 13 – колесные пары; 7 – боковая балка; 8 – комплект спиральных рессор;
 10 – тормозная колодка; 11 – листовая рессора; 12 – направляющие буксы (челюсти);
 14 – струнка; 15 – шайба с гайками упора

На рисунке 1.19, *а* представлена тяговая тележка выправочно-подбивочно-рихтовочной машины «Plasser Duomatic 09-32 CSM». Колесные пары 4 приводят через конические осевые редукторы 13 (с реактивными кронштейнами и тягами 5, 6) и карданные валы 8, 15 и 16. Тележка имеет буксовое и центральное рессорное подвешивание, которое снижает динамические нагрузки на конструкции машины как в рабочем, так и в транспортном режиме. Система смазки 12 включает масляный насос с пневмоприводом, всасывающий и нагнетательную линии.

На рисунке 1.19, *б* показана трехосная ходовая тележка укладочного крана УК-25/9-18 с двумя приводными парами 6 и одной не приводной 7. Каждая ведущая колесная пара 6 оснащена индивидуальным приводом от электродвигателя 15 через карданный вал 13 и двухступенчатый цилиндрический редуктор 12, который снабжен зубчатой муфтой для отсоединения электродвигателя при транспортировке крана в составе поезда. Тележка имеет буксовое рессорное подвешивание с листовыми рессорами 2, серьгами 3 и балансирами 4.

Тормозное оборудование путевых машин имеет пневматический привод, который потребляет сжатый воздух от компрессора самой машины или локомотива. В основном используют колодочные тормоза двух- и одностороннего действия. Кроме того, самоходные путевые машины оснащают стояночным тормозом.

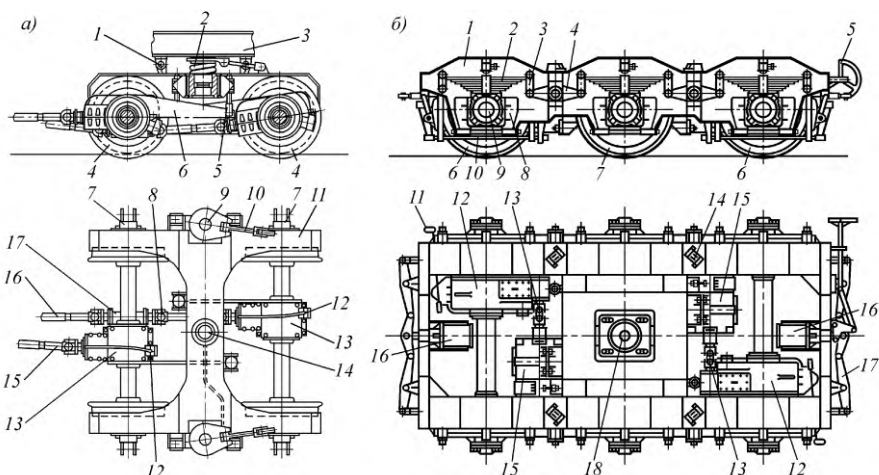


Рисунок 1.19 – Ходовые тележки путевых машин с приводными колесными парами:

а – тяговая тележка машины «Plasser Duomatic 09-32 CSM»:

- 1 – гидроцилиндр блокировки центрального рессорного подвешивания; 2 – боковая рессора;
- 3 – рама машины; 4 – колесные пары; 5 и 6 – реактивная тяга и кронштейн;
- 7 – букса; 8, 15 и 16 – карданные валы; 9 – скользящий; 10 – тяга; 11 – рама; 12 – система циркуляционной смазки редукторов в рабочем режиме; 13 – осевые редукторы;
- 14 – шкворневой узел; 17 – промежуточная опора;

б – тележка укладочного крана УК-25/9-18:

- 1 – рама; 2 – листовые рессоры; 3 – серьги; 4 – балансиры; 5 – стояночный тормоз;
- 6 и 7 – приводные и не приводная колесные пары; 8 – буксовая челность; 9 – букса;
- 10, 17 – тормозная рычажная передача; 11 – рычаг муфты отключения редуктора;
- 12 – осевые редукторы; 13 – карданные валы; 14 – скользящий; 15 – тяговые электродвигатели;
- 16 – тормозные цилиндры; 18 – шкворневой узел

Типовая тормозная система машины ВПР-02 (и ВПРС-02) включает рычажную передачу (рисунок 1.20) и пневмосистему привода и управления тормозами [23]. Рычажная передача обеспечивает усилия нажима тормозных колодок 2 на колесные пары 1 тяговой и бегунковой тележек, а также платформы.

В транспортном режиме торможение колесных пар осуществляют с помощью пневмоцилиндров.

Для колесных пар тяговой тележки реализуют следующий порядок действий. Сначала усилие штока пневмоцилиндра 3 через тягу 11, горизонтальный рычаг 8 и регулировочную муфту 6 передают на вертикальные рычаги 9, которые связаны между собой другой регулировочной муфтой 6 (эти рычаги подвешены сверху шарнирно к поперечной балке рамы тележки). Затем усилия через средние шарниры рычагов 9 передают на горизонтальные балансирующие рычаги 5 – триангели (от англ. *three* – три, *angle* – угол). Триангели обеспечивают выравнивание тормозных усилий между правой и левой колодками.

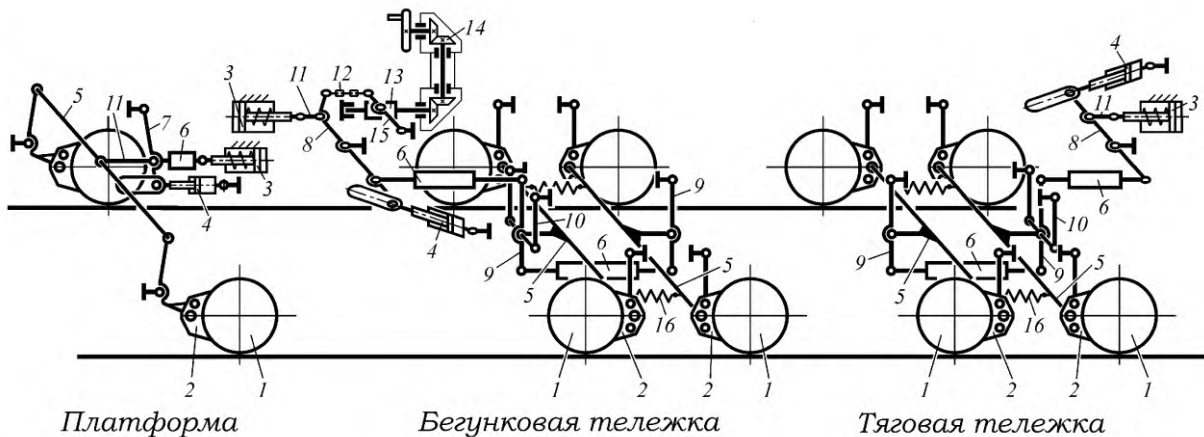


Рисунок 1.20 – Кинематическая схема тормозной системы машины ВПР-02:

- 1 – колесные пары; 2 – тормозные колодки и вертикальные рычаги их закрепления; 3 – тормозные пневмоцилиндры;
 4 – тормозные гидроцилиндры с толкателями; 5 – балансирующие рычаги (триангели); 6 – регулировочные винтовые муфты;
 7 – вертикальные рычаги на платформе; 8 – горизонтальные рычаги; 9 – вертикальные рычаги; 10 – вертикальные подвески;
 11 – тяги; 12 – цепь; 13 – винтовая передача; 14 – стойка стояночного тормоза со штурвалом;
 15 – горизонтальный рычаг стояночного тормоза; 16 – пружины отжима тормозных колодок

Торможение колесных пар бегунковой тележки в транспортном режиме проводят в той же последовательности.

Торможение колесных пар платформы происходит также за счет прижима колодок 2 к колесной паре 1 при выдвижении штока пневмоцилиндра 3. При этом усилие нажима передают через регулировочную муфту 6 и тягу 11 на балансирующую балку 5, которая обеспечивает поворот рычагов с колодками 2. Регулировку зазора между колодками и колесами и усилия нажима производят винтовыми муфтами 6.

В рабочем режиме торможение колесных пар (тяговой и бегунковой тележек, а также платформы) осуществляют с помощью гидроцилиндров 4 через соответствующие толкатели с прорезями.

Стояночный тормоз (см. рисунок 1.20) содержит колонку 14 с коническими редукторами и штурвалом, которая приводит во вращение винтовую передачу 13. При вращении винта рычаг 15 поворачивается и через цепь 12 поворачивает рычаг 8. При этом колодки 2 прижимаются к колесным парам 1, фиксируя положение машины на стоянке.

Пневмопривод тормозных цилиндров должен обеспечить:

- возможность ступенчатого регулирования усилия нажима штоков;
- компенсацию возможных утечек воздуха;
- отпуск тормозов;
- возможность совместной работы с устройствами безопасности движения (типа КЛУБ-УП);
- контроль машинистом режимов торможения в зависимости от условий движения.

Ударно-тяговое устройство используют при включении путевой машины в состав поезда. Оно состоит из автосцепки с поглощающим аппаратом (полужесткая) и без него (жесткая) [23].

В основном используют полужесткие автосцепки, типовая схема одной из которых (СА-3) представлена на рисунке 1.21, а. Такая автосцепка состоит из пустотелой головки 1, в которой размещают сцепной механизм 11, и хвостовика 2, соединенного через клин 13 и тяговый хомут 15 с поглощающим аппаратом 5, который амортизирует ударные нагрузки посредством упоров 12 и 17 при их передаче на балки рамы 16.

Такая конструкция обеспечивает сжатие поглощающего аппарата при действии растягивающих или сжимающих нагрузок на автосцепку.

Поглощающий аппарат (Ш-2-В) (рисунок 1.21, б) состоит из корпуса 21, в котором устанавливают конус 19, клинья 20, а также пружины 22 и 23. При ударе нажимной конус 19 смещается вправо и затормаживается клиньями 20 и пружинами 22 и 23.

Жесткие автосцепки применяют в двух вариантах: во-первых, на машинах, имеющих относительно небольшую массу (грузовые дрезины и машины на их базе); во-вторых, в отсутствие места для установки поглощающего аппарата (путееукладчики и др.).

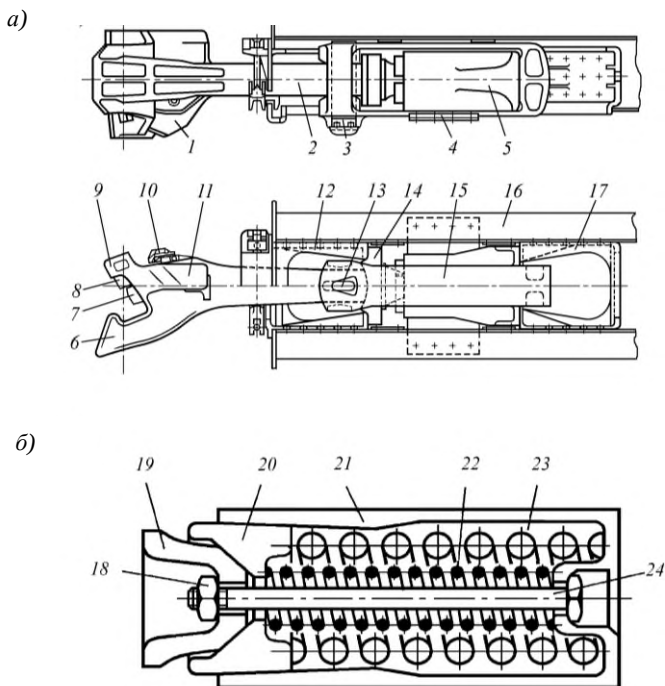


Рисунок 1.21 – Схема автосцепки с поглощающим аппаратом:

а – автосцепка:

1 – головка автосцепки; 2 – хвостовик автосцепки; 3 – крышка крепления клина;
 4 – поддерживающая пластина; 5 – поглощающий аппарат; 6, 9 – большой и малый зубья авто-
 сцепки; 7, 8 – элементы замкодержателя и замка; 10 – валик с балансиrom подъемного механизма
 (связан с расцепным приводом); 11 – сцепной механизм; 12, 17 – передний и задний упоры;
 13 – клин; 14 – упорная плита; 15 – тяговый хомут; 16 – продольные балки рамы машины;

б – поглощающий аппарат:

18 – гайка; 19 – нажимной конус; 20 – клин; 21 – корпус;
 22, 23 – малая и большая пружины подпорного комплекта; 24 – болт

1.6 Рабочее оборудование

Путевые машины выполняют путевые работы, связанные с содержанием и ремонтом земляного полотна, балластировкой рельсового пути и очисткой балластного слоя, уплотнением балласта и выправкой пути, сборкой и разборкой звеньев, укладкой пути, его очисткой и уборкой снега, а также вспомогательные работы (транспортирование, погрузку и разгрузку объекта разработки).

Из всех агрегатов и узлов машин их рабочие органы подвергаются наибольшему внешнему воздействию со стороны разрабатываемого материала (или объекта) и окружающей среды. При этом совместное действие си-

ловых нагрузок и факторов окружающей среды (влажности, перепадов температуры, радиации и др.) может оказывать неаддитивное влияние на элементы рабочего оборудования.

Рабочие органы путевых машин целесообразно классифицировать по следующим основным признакам:

- 1) *по типу привода* – с механическим, гидравлическим, электрическим и пневматическим;
- 2) *по воздействию на объект разработки* – активные и пассивные;
- 3) *по направлению воздействия* – с поступательным, возвратно-поступательным, вращательным и комбинированным;
- 4) *по способу воздействия на объект разработки* – статического и вибрационного воздействия;
- 5) *по типу колебаний вибрационных органов* – с круговыми ненаправленными, вертикальными и горизонтальными направленными.

Конструктивные особенности рабочих органов машин связаны с их назначением. В процессе эксплуатации наибольшим изменениям, обусловленным абразивным износом, подвергаются активные рабочие органы машин, которые взаимодействуют с разрабатываемыми материалами (грунтом, щебнем, льдом, снегом и т. п.). В меньшей степени изнашиваются пассивные рабочие органы машин, которые также контактируют с объектами разработки. Как активными, так и пассивными рабочими органами располагают машины для возведения и ремонта земляного полотна, балластировки и подъёмки пути, оправки балластной призмы, очистки, вырезки и уборки балласта, уплотнения балласта, выправки и динамической стабилизации рельсового пути, для его очистки и уборки от снега.

Активные рабочие органы путевых машин – это элементы рабочего оборудования, которые взаимодействуют с разрабатываемым материалом с высокой интенсивностью за счет вращательного, поступательного или возвратно-поступательного воздействия на него. В их числе ковшовые роторные устройства для вырезки грунта машин для ремонта земляного полотна; вырезающие устройства (роторные, цепные ковшовые, скребковые и баровые) щебнеочистительных машин; устройства для пробивки балласта электробалластеров; подбойки подбивочных блоков для уплотнения балласта выправочно-подбивочно-рихтовочных машин; уплотнительные клинья выправочно-подбивочно-отделочных машин и др.

В качестве примера *активного рабочего органа поступательного действия* следует привести выгребную цепь машин для глубокой очистки щебеночного балласта (например, самоходной щебнеочистительной машины RM-80 UHR). Один из вариантов цепного рабочего органа представлен на рисунке 1.22. Замкнутая выгребная цепь 11 имеет скребки (лопатки) с режущими зубьями (3–5 единиц на скребок), контактирующие с щебнем. Цепь приводит в движение привод 6 (от электро- или гидромотора) через веду-

щую звездочку 7. В рабочем режиме машина движется с заданной скоростью, при этом цепь подрезает балласт и перемещает его скребками по рабочему желобу 8 к разгрузочному лотку 5, с которого он попадает на конвейер 3 и направляется к грохоту для последующей очистки.

В наибольшей степени абразивному износу подвергаются зубья, в меньшей степени скребки и цепь, которые с различной интенсивностью контактируют со щебнем и засорителями. Для обеспечения их работоспособности применяют износостойкие материалы. Кроме того, абразивному износу подвергаются подгребающие крылья 2 и 9 (пассивные рабочие органы).

Примером *активного рабочего органа возвратно-поступательного действия* являются подбивочные блоки, подбойки которых обеспечивают выправку, подбивку и рихтовку пути. В частности, на рисунке 1.23 представлен подбивочный блок машины ВПРС-03. Его оснащают подбойками для обжима балласта под шпалами с эксцентриковым механизмом их вибрации (с приводом от аксиально-поршневого гидромотора 12). Подбойки подвергаются ударному воздействию и интенсивному абразивному износу, поскольку цикл подбивки шпалы составляет всего 6 с (при этом производительность достигает 3000–4000 шпал/ч). Обжим щебеночного балласта подбойками осуществляют в вибрационном режиме за счет их возвратно-поступательного движения. Ресурс подбоек зависит в основном от износостойкости материала подбойки и составляет от 80 до 500 км пути.

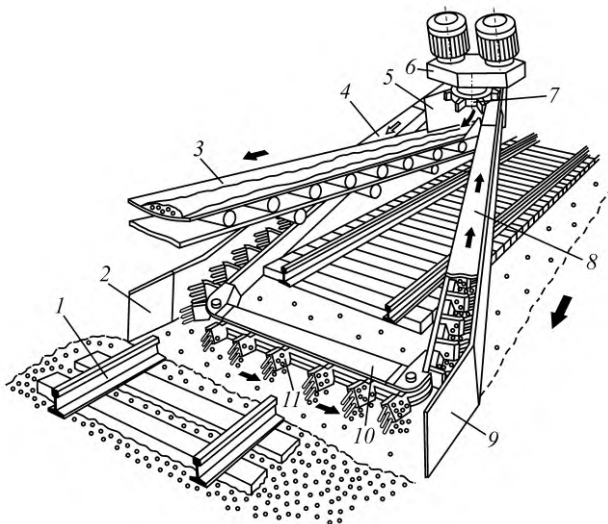


Рисунок 1.22 – Цепной скребковый рабочий орган:

1 – путь; 2, 9 – подгребающие крылья; 3 – конвейер подачи вырезанного материала; 4, 8 – холостой и рабочий желоба; 5 – разгрузочный лоток; 6 – привод цепи; 7 – ведущая звездочка; 10 – подпутная направляющая балка; 11 – выгребная скребковая цепь

Угловое перемещение подбоек осуществляют через шарниры 9 и поворотные кронштейны 7 и 8 с помощью гидроцилиндров: подбойки наружного ряда 10 – гидроцилиндрами 14, внутреннего ряда 11 – гидроцилиндрами 13. Этот вид перемещения усиливает абразивный износ рабочих поверхностей подбоек.

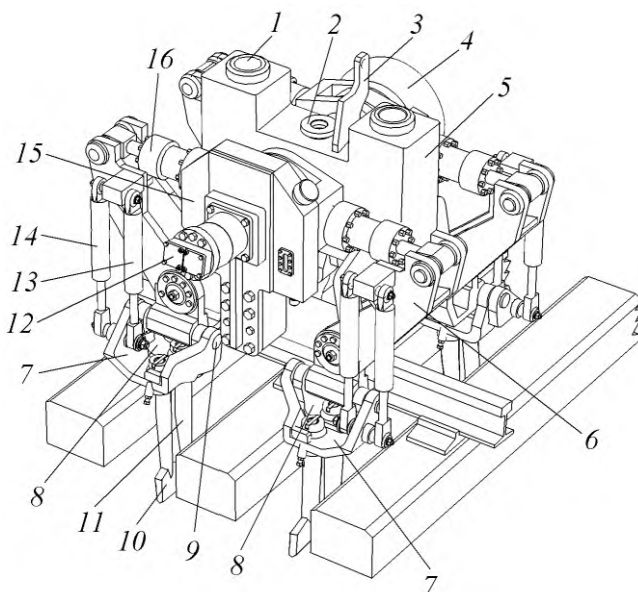


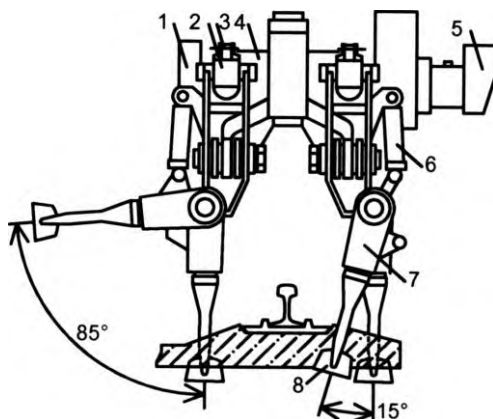
Рисунок 1.23 – Подбивочный блок:

- 1 – направляющее отверстие; 2 – отверстие крепления гидроцилиндра; 3 – проушина стопора; 4 – эксцентриковый вал с маховиком; 5 – станина; 6 – верхняя часть рычага подбойки; 7, 8 – поворотные кронштейны наружного и внутреннего рядов подбоек; 9 – ось кронштейна подбоек; 10, 11 – подбойки наружного и внутреннего рядов; 12 – аксиально-поршневой гидро-мотор; 13, 14 – гидроцилиндры поворота подбоек внутреннего и наружного рядов; 15 – бак системы смазки; 16 – гидроцилиндр привода рычагов подбоек

Более наглядную информацию об изменении углового положения подбоек дает рисунок 1.24, на котором представлена схема подбивочного блока машины ВПРС-02.

Характерным примером *активного рабочего органа вращательного действия* может служить многоковшовый ротор, установленный на железнодорожной платформе, аналогом которого является роторный многоковшовый экскаватор продольного копания. Подобным рабочим оборудованием оснащают путевые машины, которые используют для ремонта и восстановления земляного полотна (в их числе землеуборочные поезда типа СЗП-600 и СЗП-600Р, кюветно-траншейные машины МКТ и др.), а также для очистки щебня (например, ЩОМ-4М и др.).

Рисунок 1.24 – Схема подбивочного блока:
 1 – эксцентриковый вал с двумя маховиками;
 2 – гидроцилиндр привода рычагов подбоек;
 3 – ограничитель раскрытия подбоек с пневмоцилиндром;
 4 – корпус блока;
 5 – гидромотор привода эксцентрикового вала;
 6 – гидроцилиндр поперечного поворота («откидывания») подбоек;
 7 – нижняя поворотная часть рычага подбойки; 8 – подбойка



Так, базовую машину (рисунок 1.25) оснащают многоковшовым ротором 10, расположенным на стреле 4. Ротор устанавливают на раме 11 базовой машины, которая вместе с универсальным тяговым модулем и вагоном прикрытия для обслуживающего персонала входит в состав землеуборочного поезда (СЗП-600Р).

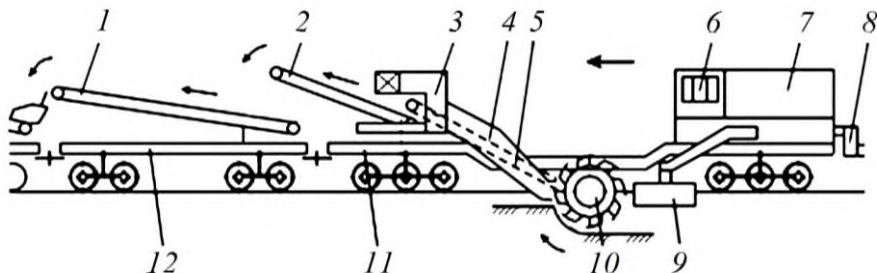


Рисунок 1.25 – Схема фрагмента землеуборочного поезда:
 1, 2 – вспомогательные конвейеры; 3 – кран-укосина; 4 – стрела; 5 – основной конвейер;
 6 – кабина управления; 7 – дизель-электрический агрегат; 8 – автосцепка;
 9 – плуг; 10 – роторное ковшовое вырезное устройство; 11 – рама машины;
 12 – рама состава для засорителей

Режущие кромки и боковые стенки ковшей 10, разрабатывающих грунт, подвергаются абразивному износу (рисунок 1.26). Интенсивность и скорость изнашивания ковшей зависят от прочности и плотности грунта, поскольку ротором 7 производят земляные работы на грунтах I–III категории трудности разработки, а также от технологии земляных работ. При этом схема управления положением стрелы с помощью силовых гидроцилиндров 2

и 6 и полиспастов (4, 11 и 12) обеспечивает широкие возможности регулирования параметров копания грунта ковшами, которые влияют на интенсивность изнашивания рабочих органов 9.

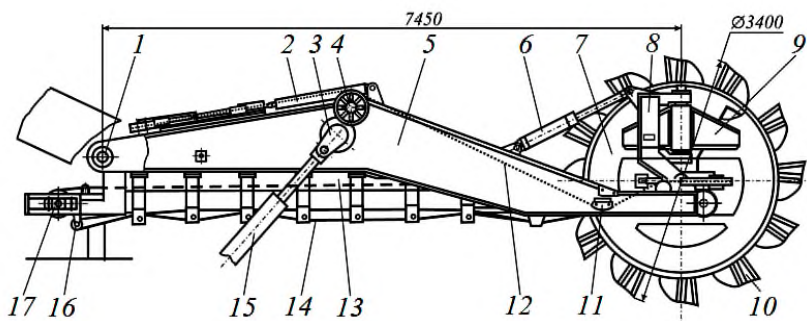


Рисунок 1.26 – Роторный рабочий орган:

1 – ось крепления стрелы; 2 и 6 – гидроцилиндры поворота в плане и наклона ротора; 3, 8, 9 – кронштейны; 4, 11 – блоки и направляющие канатов механизма поворота ротора в плане; 5 – стрела; 7 – ротор; 10 – ковш; 12 – канат; 13, 14 – основной и очистной конвейеры; 15 – гидроцилиндр наклона стрелы; 16, 17 – приводные барабаны очистного и основного конвейеров

Еще более значительный абразивный износ испытывают поверхности ковшей и других рабочих органов щебнеочистительных машин (например, машин ЩОМ-4М, ЩОМ-6Р и др.). Ковши их *роторных устройств* вырезают щебень у торцов шпал (рисунок 1.27), направляют на транспортер 11 для подачи на центробежный грохот 3 для очистки щебня, далее в дозирующее устройство 10 и на разгрузку в вырезанные ранее траншеи у торцов шпал. Засорители щебня после просеивания попадают на конвейер 6 и перегружаются для последующих технологических операций.

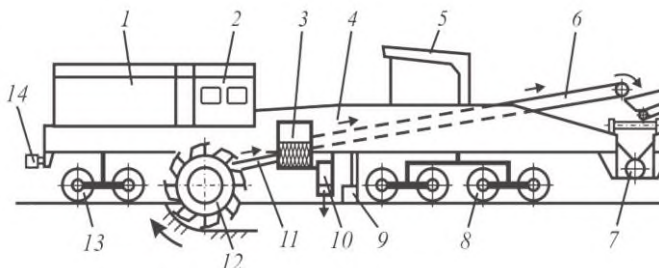


Рисунок 1.27 – Схема фрагмента щебнеочистительной машины:

1 – дизель-электрический агрегат; 2 – кабина управления; 3 – центробежный грохот; 4 – направляющая секция рамы; 5 – кран-укосина; 6, 11 – конвейеры; 7 – сферический шарнирный узел; 8, 13 – ходовые тележки; 9 – рельсовая щетка; 10 – дозирующее устройство; 12 – роторное ковшовое вырезное устройство; 14 – автосцепка

Рабочий орган ЩОМ-6Р (рисунок 1.28) включает левый 1 и правый 10 многоковшовые роторы, установленные на штангах 2 и 11, шарнирно связанных с рамой машины и внутренними рамами 8 роторов. (Левый ротор 10 находится в рабочем состоянии, правый 1 – в транспортном).

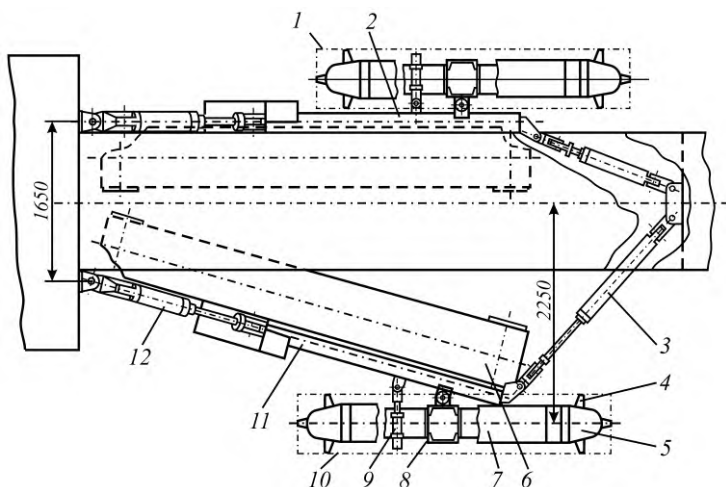


Рисунок 1.28 – Роторный рабочий орган машины:

1, 10 – левый и правый роторы; 2, 11 – штанги; 3, 9, 12 – гидроцилиндры выдвижения, выравнивания и подъема ротора; 4 – зубья; 5 – ковши; 6 – конвейер приема щебня; 7 – диск ротора; 8 – внутренняя рама ротора

Каждый ротор состоит из двух дисков 7, соединенных ковшами 5 с зубьями 4 из износостойкой стали. Он имеет индивидуальный привод, который включает высокомоментный радиально-поршневой гидромотор, конический редуктор и открытую зубчатую передачу. Изменение положения роторов обеспечивают гидроцилиндры (в частности, положение левого ротора – с помощью гидроцилиндров 3, 9 и 12). Интенсивность износа ковшей зависит от многих факторов, в числе которых производительность машины, а также состав щебня и засорителей.

Помимо активных рабочих органов, путевые машины оснащают пассивным рабочим оборудованием, которое следует разделить на две подгруппы.

Во-первых, элементы рабочего оборудования поступательного действия с относительно низкой интенсивностью взаимодействия с материалом или другим объектом разработки. В их числе плужные устройства различной конфигурации (плуги планировщиков балласта, щиты и боковые крылья дозаторов электробалластеров, боковые и откосные крылья, балластные подкрылки стругов-снегоочистителей, подгребающие крылья выправочно-подбивочно-рихтовочных машин, балластные плуги выправочно-подби-

вочно-отделочных машин); ленточные и скребковые конвейеры различных машин (машин для ремонта земляного полотна, вакуумных уборочных машин, выправочно-подбивочно-риховочных и выправочно-подбивочно-отделочных машин и др.) для перемещения и распределения грунта, щебня и засорителей; сита разделительных грохотов различных машин; шпальные и рельсовые щетки электробалластеров и др.

Во-вторых, элементы конструкций машин, которые не контактируют напрямую с разрабатываемыми материалами, но теряют свои первоначальные показатели свойств из-за усталостных процессов и коррозионного разрушения. В их числе машины для смены и транспортировки рельсошпальной решетки и стрелочных переводов, для перевозки и выгрузки материалов верхнего строения пути, механизмов и инструментов.

Следует отметить, что любые силовые нагрузки на элементы составных частей (как активные, так и пассивные) путевых машин способствуют накоплению повреждений, связанных с усталостными явлениями, которые также отрицательно влияют на долговечность машин и их агрегатов.

Пассивные рабочие органы поступательного действия первой подгруппы – это прежде всего плужные устройства различной конфигурации, позиционирование которых осуществляют гидравлическими и пневматическими силовыми цилиндрами, а также механическими тягами и рычагами.

Наиболее показательным примером пассивных рабочих органов является струг-снегоочиститель модели СС-3 (рисунок 1.29), который оснащают комплектом различных по конфигурации плужных устройств с приводом от пневмосистемы локомотива. Пневмопривод рабочих органов эксплуатируют при давлении до 0,6 МПа.

Зимой его используют для очистки пути от снега, а также для отвалки снега в местах выгрузки. Для очистки от снега струг оборудован передним 11 и задним 1 отвальными устройствами криволинейной формы, а также боковыми 6 и откосными 5 крыльями. Как видно из рисунка 1.29, левая сторона отвальных органов находится в рабочем состоянии, правая – в транспортном). Рабочие поверхности изнашиваются от контакта с частицами снежно-ледяных образований.

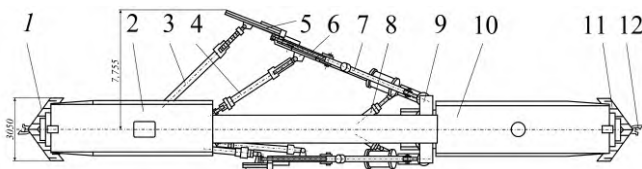


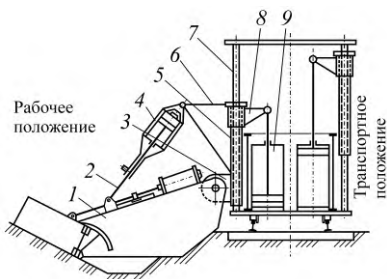
Рисунок 1.29 – Схема струга-снегоочистителя СС-3:

1, 11 – заднее и переднее отвальные устройства; 2 и 10 – задняя и передняя кабины с дизель-электрическим агрегатом; 3, 4, 8 – телескопические распорки с пневматическим фиксатором; 5, 6 – откосное и боковое крылья; 7 – механизм наклона бокового крыла с пневмоприводом; 9 – портал с механизмами подъема земляных устройств; 12 – автоцепка с механизмом выдвижения

В значительно большей степени абразивному износу подвергаются рабочие органы в летний период, когда струги применяют для производства земляных работ (очистки и нарезки кюветов), а также для планировочных работ с балластной призмой. Для этих целей в средней части рамы струга справа и слева устанавливают два земляных устройства, которые подвешивают на portalной стойке с пневмоцилиндрами их вертикального перемещения. Схема земляного устройства представлена на рисунке 1.30. Рабочий орган включает крыло 1 с боковым подкрылком, положение которого по отношению к разрабатываемому грунту обеспечивает подвеска, состоящая из механической и пневматической частей.

Рисунок 1.30 – Схема подвески земляного устройства к portalной раме:

- 1 – крыло; 2 – шток наклонной телескопической тяги; 3 – корневая часть; 4 – телескопическая тяга механизма наклона бокового крыла;
5 – труба; 6 – укосина; 7 – колонна;
8 – кронштейн; 9 – подъемный пневмоцилиндр



Другой пример пассивных органов – подгребающие крылья (см. рисунок 1.22, поз. 2, 9) щебнеочистительной машины RM-80 UHR, установленные по обе стороны машины. Они взаимодействуют с частицами щебня и подвергаются абразивному износу.

Несколько иную конфигурацию имеют два плуга щебнеочистительной машины типа ЩОМ-4М (см. рисунок 1.27), которые также устанавливают по обе стороны машины и используют для планировочных земляных работ, а также для профилирования балластной призмы. На рисунке 1.31 показана конструкция этого плуга, который взаимодействует с разрабатываемым грунтом крылом 1. Положение плуга позиционирует система управления, которая включает гидроцилиндры 2, 4, 5, 7.

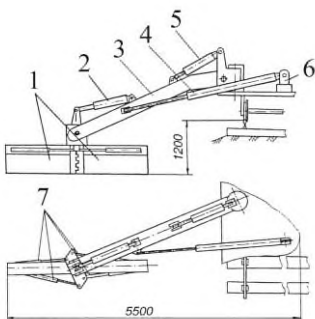


Рисунок 1.31 – Схема плуга:

- 1 – поворотные отвалы;
2, 5 – гидроцилиндры наклона отвалов и стрелы; 3 – стрела; 4 – гидроцилиндр подъема отвалов; 6 – кронштейн;
7 – гидроцилиндры поворота отвалов

Пассивные рабочие органы, которые подвергаются абразивному износу, применяют в электробалластерах для дозировки балласта, предварительно выгруженного вдоль пути, а также для других

операций со щебнем (срезки балласта у торцов шпал, планировки откосов и междупутных зон призмы и др.). Например, для этих целей в машине модели ЭЛБ-4К используют дозатор в виде центрального щита 12 (рисунок 1.32), шарнирно связанного с правым и левым составными крыльями 2, 19, 20. Позиционирование дозатора осуществляют с помощью гидросистемы, включающей силовые гидроцилиндры, и механических тяг, обеспечивающих изменение положения элементов дозатора в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

К пассивным рабочим органам относятся также *ленточные конвейеры*, которые обеспечивают перегрузку разработанных материалов (грунта, щебня или засорителей) на СПС для вывоза с перегона или его укладки вдоль земляного полотна. Ленты конвейеров подвергаются как абразивному, так и усталостному изнашиванию при взаимодействии с транспортируемым материалом, а также их динамическому воздействию в местах разгрузки и перегрузки.

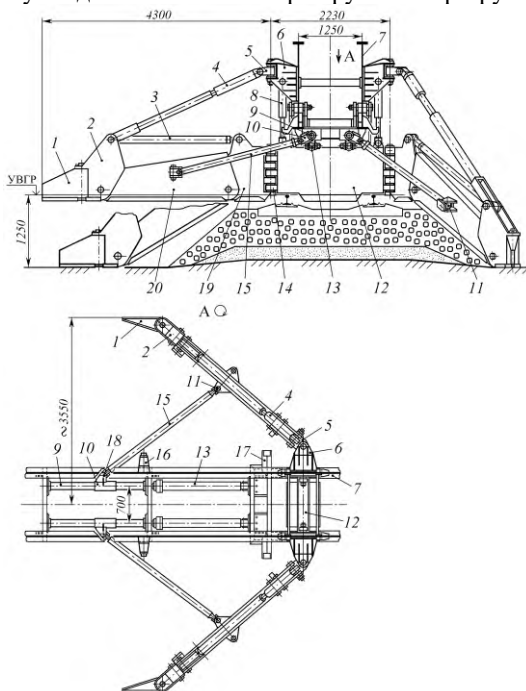


Рисунок 1.32 – Схема дозатора:

1 – козырек; 2 – подкрылок; 3 – параллелограммные тяги; 4 – наклонная тяга с гидроцилиндром подъема крыла; 5, 6 – поворотный и неподвижный кронштейны крепления наклонной тяги; 7 – ферма направляющей секции; 8, 13 – гидроцилиндры подъема дозатора и раскрытия крыльев; 9 – направляющие; 10 – ползуны; 11, 18 – универсальные шарнирные узлы; 12 – центральный щит; 14 – петлевые шарниры; 15 – тяги раскрытия крыльев; 16, 17 – кронштейны крепления крыльев в транспортном положении; 19 – корневая часть крыла; 20 – крыло

Так, машину СЗП-600Р оснащают (см. рисунок 1.25) основным 5 и вспомогательным 2 конвейерами, которые устанавливают в нижней части стрелы. При работе машины разработанный грунт перемещается основным конвейером на выбросной конвейер 2, который перегружает грунт на СПС. Очистной конвейер перемещает осыпавшийся грунт в траншею к ротору, предотвращая загрязнение пути и машины.

Несколько пассивных рабочих органов имеют вакуумные уборочные машины (рисунок 1.33), работающие по принципу сухого или увлажняющего пылесоса. Они обеспечивают реализацию различных технологических операций по очистке верхнего и нижнего строения пути, а также искусственных сооружений (мостов, путепроводов, тоннелей и др.). С их помощью убирают загрязненный щебень, прокладывают и очищают подземные и наземные коммуникации, выполняют другие работы по очистке и уборке поверхностей от сухих и влажных загрязнений.

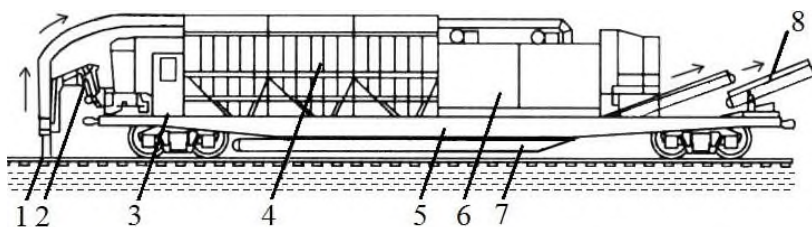


Рисунок 1.33 – Схема вакуумной машины:

- 1 – трубопровод со всасывающим соплом; 2 – манипулятор; 3 – кабина управления;
4 – воздушный фильтр переключаемых блоков; 5 – рама; 6 – энергоблок и вакуумный насос;
7 – основной конвейер; 8 – конвейер поворотный выбросной

Рабочее оборудование включает центробежный вакуумный насос, который обеспечивает разрежение во всасывающей головке трубопровода 1, контейнер для смета, а также ленточные конвейеры 7 и 8, транспортирующие загрязнения за пределы железнодорожного пути. Ленты конвейеров изнашиваются от контактов с частицами щебня, грунта и других загрязнений, которые необходимо удалить из рабочей зоны.

Пассивный рабочий орган возвратно-поступательного действия, а именно вибрационный грохот, является обязательным элементом любой щебнеочистительной машины. Один из конструктивных вариантов грохота представлен на рисунке 1.34. Он состоит из короба 3, внутри которого закрепляют верхнее 2 и нижнее 5 сита. Верхнее сито имеет крупные ячейки, а нижнее – ячейки, размеры которых обеспечивают просеивание засорителей. Возвратно-поступательные движения грохота реализует дебалансный вибратор 4 с круговыми колебаниями (с приводом от электро- или гидромотора). Короб крепят на основании 9 через пружинные комплекты 7. При работе щебень с засорителями поступает на верхнее сито грохота с конвейера 1,

после чего просеивается с разделением на фракции очищенного щебня и засорителя. Просеянный и очищенный щебень поступает обратно в путь, а засорители перемещают конвейером 6 в транспортное средство.

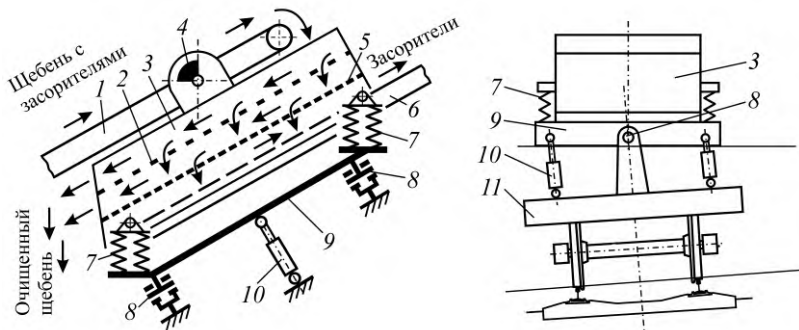


Рисунок 1.34 – Схема вибрационного наклонного грохота:

1, 6 – конвейеры подачи вырезанного материала и отвода засорителей; 2, 5 – верхнее и нижнее сита; 3 – короб; 4 – дебалансный вибратор с приводом; 7 – пружинные комплекты; 8 – шарнирные опоры; 9 – основание; 10 – гидроцилиндры стабилизации горизонтального положения грохота; 11 – рама машины

Рабочие органы путевых машин подвергаются сильному внешнему воздействию (механическим нагрузкам статического и динамического характера, знакопеременным циклическим усилиям, перепадам температуры и влажности и др.): в меньшей степени – пассивные, в большей степени – активные. Это обуславливает их ограниченный ресурс и предусматривает необходимость применения эффективных физических, физико-механических и физико-химических методов восстановления первоначальных показателей эксплуатационных характеристик.

1.7 Системы управления

Состав системы управления определяется назначением машины и технологией путевых работ, типом привода и трансмиссии, видом рабочего оборудования и уровнем автоматизации. Разнообразие типов и моделей СПС обуславливает необходимость точного выбора соответствующего типа управляющих устройств по конструктивному исполнению, степени автоматизации, необходимости усиления и др.

1.7.1 Управление агрегатами, узлами и рабочими органами

Любая современная система управления представляет собой совокупность приборов и управляющих устройств, позволяющих контролировать работу двигателя, механизмов привода, ходового и рабочего оборудования и воздействовать путем изменения величины и направления перемещений, скоростей, моментов и усилий. Она должна обеспечить наиболее экономич-

ный режим работы двигателя и трансмиссии в зависимости от нагрузки на рабочие органы и защищать их от перегрузок. При этом она должна способствовать выбору оптимальных режимов производства путевых работ с учетом конструктивных особенностей рабочих органов при обеспечении безусловной безопасности эксплуатации машин и проведения путевых работ.

Система управления является составной частью привода, который включает также силовую установку (дизельный ДВС или дизель-генераторную установку) и трансмиссию. Она способствует повышению работоспособности агрегатов, узлов, рабочих органов и вспомогательных механизмов машины. При этом система управляет поступлением энергии от силовой установки к исполнительным механизмам, контролируя ее распределение между механизмами и регулируя их нагрузочно-скоростные режимы.

Системы управления единиц самоходного СПС должны обеспечить наиболее экономичный режим работы двигателя, трансмиссии, тормозов в зависимости от нагрузки на рабочее и вспомогательное оборудование.

Системы управления единиц несамоходного СПС должны обеспечить оптимальный режим эксплуатации рабочих органов в зависимости от нагрузки и предохранить их от перегрузок.

Как было отмечено ранее, спектр путевых работ весьма обширен и включает содержание и ремонт земляного полотна, балластировку рельсового пути и очистку балластного слоя, уплотнение балласта и выправку пути, сборку и разборку звеньев, укладку пути, его очистку и уборку снега, а также вспомогательные работы (транспортирование, погрузку и разгрузку объекта разработки). Для их выполнения используют путевые машины, которые отличаются конструктивными особенностями рабочих органов, приводов и системами управления. Ремонтно-восстановительные работы производят в условиях острого дефицита времени, что требует системного подхода к их организации и согласованному взаимодействию машин в составе комплектов или комплексов.

СПС в зависимости от назначения и сложности путевых работ оснащают различными системами управления, которые классифицируют по следующим основным признакам:

- 1) *по назначению* – для управления двигателями, муфтами, тормозами, рабочими органами и др.;
- 2) *по способу передачи энергии* – механические, гидравлические, электрические, пневматические и комбинированные;
- 3) *по уровню автоматизации* – неавтоматизированные, автоматизированные и автоматические;
- 4) *по степени значимости решаемых задач* – для вспомогательных и основных сервоприводов.

Путевые машины, работающие на отечественной железной дороге, располагают различными видами систем управления – от неавтоматизирован-

ных до автоматических. Эти системы используют для реализации различных целей – от управления двигателями и трансмиссиями, муфтами и тормозами, установкой рабочих органов и вспомогательного оборудования до технического диагностирования привода, включая силовую установку, трансмиссии, вспомогательные устройства и приспособления.

Разделение систем управления по способу передачи энергии является данью традиции. Традиционно систему управления называют по наименованию основной передачи – механической, гидравлической, электрической или пневматической, хотя каждая из них на выходе обязательно содержит механические элементы (рычаги, тяги, зубчатые и другие передачи). Между тем фактически все они, за исключением механических (самых примитивных), являются комбинированными.

Неавтоматизированные системы управления непосредственного действия могут быть механическими (с передачей усилий через систему рычагов и тяг) и гидравлическими (с передачей усилий рабочей жидкостью). Затраты мощности не должны превышать 40–50 Вт (это средние физические возможности человека при длительной работе). При этом на их работу мощность силовой установки не расходуется. Машинист управляет технологическим процессом по показаниям приборов самостоятельно. Механические системы сохранились в некоторых типах машин как вспомогательные устройства управления механизмами, не принимающими участия в выполнении технологического процесса.

Неавтоматизированные системы управления с усилителем отличаются тем, что машинист управляет технологическим процессом с использованием усилителей. Усилитель представляет собой своего рода трансмиссию, которая передает часть мощности силовой установки для включения исполнительных органов рабочего оборудования и других механизмов.

Автоматизированные системы состоят из устройств, обеспечивающих автоматическое управление части операций технологического процесса без участия машиниста. Роль машиниста сводится к настройке системы и выбору режимов работы проверяемого объекта.

Автоматические системы обеспечивают управление технологическим процессом и выполнение заданных функций всех узлов и агрегатов машины в автоматическом режиме без участия машиниста, его роль сводится лишь к включению системы в начале эксплуатации и выключению после окончания.

Технические средства автоматизированных и автоматических систем разделяют на три группы. В первую группу входят устройства измерения, преобразования и передачи информации (датчики, измерительные преобразователи и др.). Вторую группу составляют технические устройства, предназначенные для формирования сигналов управления (усилители, функциональные преобразователи, регуляторы, программные устройства и др.). И наконец, к третьей группе относят исполнительные устройства (двигатели

сервоприводов и др.). В автоматизированных и автоматических системах управления усилители выполняют конструктивно совместно с серводвигателями. Соответственно, усилителем (гидравлическим, пневматическим, электрическим) принято считать совокупность управляющего элемента (собственно усилителя), серводвигателя и устройства, обеспечивающего связь между движением ведомого элемента серводвигателя и входным сигналом усилителя.

Напомним, что в традиционной трактовке **сервопривод** (от лат. *servus* – помощник) – это приводное устройство, которое передает часть мощности силовой установки на управление элементами исполнительных органов машины.

Для справки: в современной трактовке сервопривод – это любой тип привода рабочего органа или другого механизма, имеющий в составе датчик (положения, скорости, усилия и т. п.) и блок управления приводом (электронную схему или механическую систему тяг), автоматически поддерживающий необходимые параметры на датчике и, как следствие, на устройстве согласно заданному внешнему значению. Термином «сервопривод» чаще всего именуют электрический привод с обратной связью по положению, применяемый в автоматических системах для привода управляющих элементов и рабочих органов.

В настоящее время сервоприводы используют в качестве как вспомогательных, так и основных приводов в системах управления для реализации оптимального энергосберегающего режима работы двигателя, элементов трансмиссии и рабочих органов.

Вспомогательные сервоприводы применяют для решения достаточно простых задач управления. В их числе различные регуляторы и усилители с обратной связью, например, гидро-, электро-, пневмоусилители ручного привода управляющих элементов путевых и других мобильных машин (в том числе тормозной системы, а также рулевого управления – на автотранспортных средствах). Эти усилители расходуют часть мощности силовой установки для управления исполнительными механизмами. Путевые машины, имеющие ручное управление отдельными узлами или подсистемами, оснащают усилителями, которые позволяют незначительные усилия на органе управления (на рукояти, педали, кнопке) превращать в значительно большие силы на исполнительном механизме. Например, гидроусилители системы управления приводами рабочего оборудования представляют собой совокупность устройств, в числе которых имеются сцепные муфты включения тормозов, гидрораспределители, регуляторы потока рабочей жидкости (клапаны, дроссели и т. п.).

Гидроусилители применяют повсеместно при необходимости реализации больших усилий и перемещений. В них рычаги частично или полностью заменяют исполнительными гидроцилиндрами, создающими необходимые усилия включения муфт, тормозов и позиционирования рабочих органов.

В насосной гидросистеме управления, отбирающей часть мощности силовой установки, рабочую жидкость подают под заданным давлением в исполнительные гидроцилиндры через гидрораспределитель, которым управляет машинист (как и в силовом гидроприводе).

Схема простейшего вспомогательного привода с гидроусилителем (ГУ) представлена на рисунке 1.35. Золотник гидрораспределителя 1 может занимать одно из трех возможных положений. В среднем нейтральном положении (показано на рисунке 1.35) обе полости гидроцилиндра 2 заперты и его поршень неподвижен. При перемещении золотника влево рабочая жидкость насосом 5 нагнетается в левую полость гидроцилиндра 2, а его правая полость при этом сообщается со сливом. В результате поршень гидроцилиндра перемещается вправо. Гильза 3 гидрораспределителя может быть неподвижной или подвижной, кинематически связанной со штоком гидроцилиндра. В первом случае поршень гидроцилиндра будет перемещаться до тех пор, пока золотник распределителя смещен относительно нейтрального положения. Поршень при этом может дойти до упора в стенку цилиндра, тогда давление рабочей жидкости повысится настолько, что откроется предохранительный клапан 6 и жидкость, подаваемая насосом, начнет сливаться в гидробак.

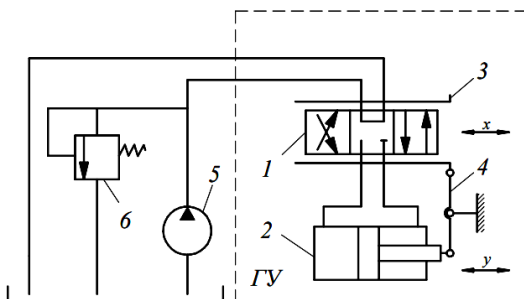


Рисунок 1.35 – Система управления с гидроусилителем:
1 – гидрораспределитель;
2 – гидроцилиндр; 3 – гильза;
4 – рычаг; 5 – насос;
6 – предохранительный клапан

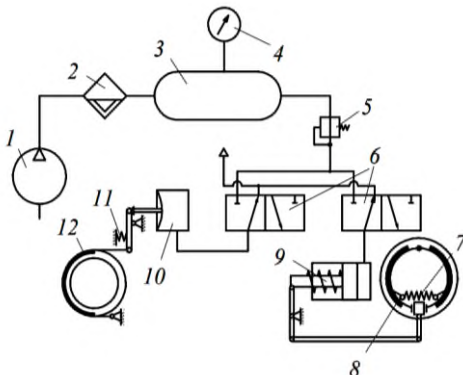
Если шток гидроцилиндра связан с гильзой 3 рычагом 4, то перемещение y поршня будет соответствовать смещению x золотника гидрораспределителя 1. В этом случае гидропривод будет обладать следящим действием, что обеспечивается наличием обратной связи, осуществляемой рычагом 4.

Пневмоусилители обеспечивают контроль и управление работой тормозов, фрикционных муфт, вспомогательных механизмов и позиционированием рабочего оборудования. Как и в силовых пневмоприводах, в пневмосистемах управления используют сжатый воздух (до 0,7–0,8 МПа). Исполнительными органами являются в основном пневмоцилиндры. Преимуществами пневматического управления являются простота конструкции и мягкость включения механизмов, а недостатки связаны с низким давлением воздуха.

На рисунке 1.36 представлена наглядная схема вспомогательного привода с пневмоусилителем (для управления тормозами мобильной машины). Сжатый воздух от компрессора 1 через маслоотделитель 2 поступает в ресивер 3, а затем через предохранительный клапан 5 и пневмораспределители 6 воздействует на положение диафрагменной пневмокамеры 10 и пневмоцилиндра 9, управляя ленточным 12 и колодочным 8 тормозами машины. Возврат рабочих органов управления в исходное положение производят пружины 11 и 7.

Рисунок 1.36 – Система управления с пневмоусилителем:

- 1 – компрессор; 2 – маслоотделитель; 3 – ресивер; 4 – манометр;
5 – предохранительный клапан;
6 – пневмораспределители;
7, 11 – пружины; 8, 12 – колодочный и ленточный тормоза; 9 – пневмоцилиндр одностороннего действия;
10 – пневмокамера



В гидравлических и пневматических усилителях управляющие элементы выполняют в виде распределителей. Серводвигателями являются гидро- или пневмоцилиндры – при поступательном движении выходного элемента, а также гидро- или пневмомоторы – при вращательном. Как было отмечено, в этих системах конструктивно усилители выполняют вместе с исполнительными устройствами – серводвигателями, и они входят в состав исполнительных механизмов.

Электрические усилители применяют в основном для управления работой отдельных элементов рабочего оборудования, а также устройств сигнализации и других подсистем обеспечения безопасности эксплуатации путевых машин. В их состав входят различные устройства (контроллеры, магнитные пускатели, реле, блокирующие устройства, тормозные электромагниты и др.).

Комбинированные усилители (электропневматические, электрогидравлические, гидропневматические, гидропневмоэлектрические и др.) используют для управления двигателями, тормозами и муфтами, установкой рабочих органов, вспомогательными устройствами и механизмами в автоматизированных и автоматических устройствах управления. Все они имеют механическую часть в виде различных (рычажно-шарнирных, зубчатых, червячных и др.) передач.

Основные сервоприводы используют для автоматического управления рабочими органами и механизмами путевых машин, обеспечивающими контроль и управление технологическим процессом путевых работ в авто-

матическом режиме. Машины, оснащенные современными системами управления на основе средств автоматизации, выполняют наиболее сложные путевые работы.

Средства автоматизации разделяют на устройства управления, защиты, регулирования и контроля параметров объекта управления. В каждой путевой машине используют различные комбинации этих устройств в зависимости от назначения машины и сложности технологического процесса производства путевых работ.

Путевые машины располагают различными по степени автоматизации системами управления: от наиболее простых традиционных механизмов с рычажным и сервогидравлическим управлением до автоматических электронных систем (с помощью джойстиков), которые обеспечивают также контроль, регулирование и защиту агрегатов и узлов машины. Эти системы выполняют следующие функции:

- обеспечивают безопасность движения машин и производства путевых работ;
- управляют параметрами двигателя, трансмиссии, тормозов, рабочих органов и других исполнительных механизмов;
- контролируют путевые работы и управляют ими.

На рисунке 1.37 представлена схема взаимосвязи основных элементов и операций автоматического управления мобильной машины.

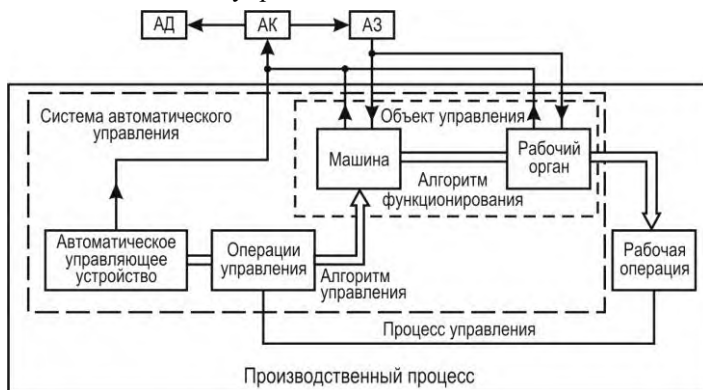


Рисунок 1.37 – Схема взаимосвязи основных элементов и операций автоматического управления:

АК – автоматический контроль; АД – автоматическое диагностирование;
АЗ – автоматическая защита

По данным работы [8], использование автоматизированной мобильной техники существенно перекрывает расходы на разработку и внедрение автоматизированных и автоматических систем управления и имеет значительные технико-экономические достоинства:

- повышает в два-три раза производительность трудоемких работ с обеспечением их высокого качества;
- сокращает расход топлива на 10–20 %;
- снижает требования к уровню квалификации обслуживающего персонала;
- увеличивает срок службы и межремонтные сроки машин, сокращает расходы на ремонт.

Технической базой автоматизации машин являются электронные средства обработки информации – *микропроцессоры* и *микропроцессорные компьютеры (микрокомпьютеры)*. Бортовой микропроцессор представляет собой программно-управляемое устройство, с помощью которого осуществляют программирование арифметических и логических операций, а также управление исполнительными устройствами и системой в целом, включая информационное обеспечение (сбор, обработку и выдачу информации).

Аппаратура систем автоматического управления отличается высоким уровнем унификации и состоит из универсальных блоков базовых элементов, дискретных и аналоговых бесконтактных электронных преобразователей физических величин в электрические сигналы. В общем случае в состав микрокомпьютера входят следующие элементы:

- 1) устройства входа (сигналы от датчиков) и выхода (управляющие сигналы на исполнительные устройства);
- 2) запоминающее устройство;
- 3) микропроцессор и соединительные элементы.

Для функционирования автоматической системы управления необходимо выполнение трех основных операций.

Первая операция – получение информации о состоянии объекта управления. Для этого измеряют выходные параметры объекта и преобразуют в электрические сигналы с помощью измерительных преобразователей в виде датчиков, задатчиков и др.

Наиболее распространенными измерительными преобразователями являются **датчики** (скорости, нагрузки, давления, температуры, расхода жидкости или воздуха, положения и др.). Они преобразуют измеряемый физический параметр (скорость, нагрузку и т. п.) в выходной электрический сигнал, который затем обрабатывают и усиливают. По принципу действия они бывают электрическими, механическими, электромеханическими, тепловыми, оптическими и др. Однако мощности выходных сигналов этих элементов (всего 10^{-5} – 10^{-3} Вт) недостаточно для привода управляемого органа объекта автоматизации, что обуславливает необходимость усиления сигналов.

Вторая операция – это анализ полученной информации и формирование усиленных командных сигналов управления. Для увеличения мощности сигнала (от вспомогательного источника) на выходе измерительной подсистемы используют усилители, усилители-преобразователи, реле, логические устройства, регуляторы.

Наибольшее распространение имеют **усилители**. По виду используемой энергии их разделяют на *электрические* (в том числе *электронные*), *гидравлические* и *пневматические*.

Электронные усилители являются наиболее востребованными в системах управления современных мобильных машин, в том числе для управления силовыми установками и элементами трансмиссий.

Третья операция – это преобразование управляющих (командных) воздействий на объект управления с помощью исполнительных устройств – **двигателей сервоприводов**. К наиболее распространенным исполнительным устройствам относятся электрические, гидравлические и пневматические двигатели, обеспечивающие вращательное, поступательное и поворотное движение объектов управления.

Как уже было отмечено, независимо от степени автоматизации системы управления практически все виды воздействий сводятся к механическому (воздействию) на объект управления (двигатель, элементы трансмиссии, рабочие органы, вспомогательные устройства) за счет изменения усилия или крутящего момента, величины перемещения или скорости возвратно-поступательного или вращательного движения.

Электронные системы управления имеют два варианта передачи информации: с использованием централизованной и распределенной систем.

В *централизованной системе* управления при передаче информации каждый сигнал имеет свой собственный канал связи (провод), что ограничивает объем передаваемых данных.

В качестве примера централизованного варианта можно привести электронную систему управления (ЭСУ) работой силовых гидромеханических передач (ГМП) трансмиссий моторно-рельсового транспорта (автодрезин, автомотрис, мотовозов). ЭСУ включает пульт управления, электронный блок автоматики и набор датчиков, расположенных на передаче. Она вырабатывает управляющие сигналы для перевода ГМП в требуемый режим работы по заданному алгоритму управления в зависимости от внешних условий и характера работ, выполняемых путевой машиной. ЭСУ обеспечивает безопасную эксплуатацию машины в транспортном и технологическом режимах при ручном и автоматическом управлении движением. Кроме того, система автоматически контролирует техническое состояние ГМП.

В *распределенной системе* используют объединение блоков управления датчиков и исполнительных механизмов и последовательную цифровую передачу данных с помощью контроллеров – электронных цифровых шин CAN (Controller Area Network), которые не имеют центрального управляющего устройства.

Примером распределенной системы управления может служить один из вариантов структурной схемы электронной системы управления силовой установкой машины (рисунок 1.38). Она имеет четыре основных блока:

блок датчиков с входными сигналами, систему передачи данных, электронный блок управления (ЭБУ) и исполнительные устройства. Основой ЭБУ является центральный процессор или микрокомпьютер. ЭБУ получает электрические сигналы от датчиков, оценивает их и передает численные значения пусковых сигналов для исполнительных устройств (приводов). Для этого в память устройств (ПЗУ, ПМ и ОП) закладывают программу, в которой имеется вся информация, необходимая микропроцессору для расчета величин и длительности управляющих импульсов. Используя выходные сигналы, микропроцессор запускает задающие каскады. Выходные сигналы должны быть достаточно мощными, чтобы непосредственно управлять исполнительными устройствами или реле.

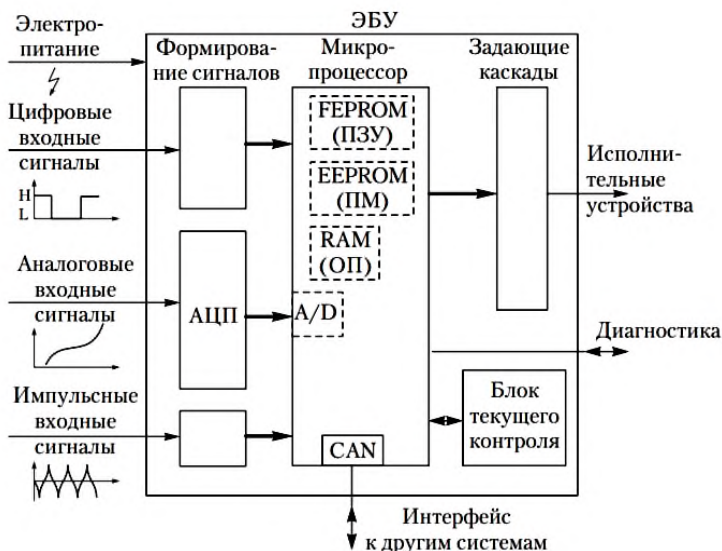


Рисунок 1.38 – Структурная схема электронной системы управления:
 АЦП (A/D) – аналого-цифровой преобразователь; ПЗУ (FEPR0M) – постоянное запоминающее устройство; ПМ (EEPROM) – постоянная память; ОП – оперативная память (RAM);
 CAN – сеть контроллеров

Во избежание получения недостоверной информации ЭБУ осуществляет постоянную *самодиагностику* датчиков и исполнительных устройств, а также показателей внутреннего состояния системы управления (в современных ЭБУ самодиагностика занимает до 50 % ресурсов микрокомпьютера).

Для повышения качества и скорости передачи информации в системах управления вместо обычной электропроводки используют последовательную цифровую передачу данных, в частности электронные цифровые шины данных CAN.

Помимо самодиагностики ЭБУ в современных путевых и других мобильных машинах используют автоматизированные системы диагностирования их узлов и агрегатов. Так, применение сложных многофункциональных приводов требует непрерывной оценки их технического состояния, которую осуществляют *бортовые системы диагностирования*. Большая часть параметров машин являются неэлектрическими характеристиками (давление, частота вращения, расход жидкости или воздуха, скорости и ускорения, линейные и угловые перемещения, температура и вибрация). Для удобства операций измерения, обработки и индикации эти параметры преобразуют в электрические сигналы с помощью различных датчиков. В их числе тензометрические, потенциометрические, электроконтактные, индукционные, пьезоэлектрические и другие датчики. Сигналы от датчиков встроенного контроля поступают в бортовой компьютер, обрабатываются и сравниваются с моделью исправного привода, заложенной в его память. При возникновении отклонений в параметрах система принимает решение о техническом состоянии привода и вырабатывает управляющее воздействие на привод.

Таким образом, расширенное применение автоматизированных, автоматических и роботизированных систем управления на базе микропроцессорной техники обеспечивает:

- повышение безопасности выполняемых работ и экологической безопасности окружающей среды;
- высокое качество путевых работ при заданной производительности за счет повышения точности рабочих операций;
- снижение затрат на эксплуатацию машин и повышение коэффициента их технического использования;
- перманентный контроль технического состояния основных систем машин (двигателя, трансмиссии, тормозов, гидро- и пневмосистем, электрооборудования и др.).

1.7.2 Системы обеспечения безопасности движения

Специфика путевых работ и конструктивные особенности СПС, жесткий временной лимит и необходимость безусловной безопасности эксплуатации обуславливают широкое применение устройств безопасности движения, в том числе автоматизированных.

К самоходным путевым машинам и моторно-рельсовому транспорту, которые работают на главных путях и оборудуют автоблокировкой, предъявляют повышенные требования по безопасности движения.

Ранее для регулирования их движения на железнодорожных путях применяли устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН), а также более совершенные двусторонние каналы передачи информации АЛС-ЕН, обеспечивающие трансляцию данных по радиоканалу (в диапазонах 160 и 460 МГц). В настоящее время для повышения

безопасности движения вместо прежних устройств безопасности используют более совершенные (КЛУБ, САУТ, ТС КБМ и др.), выполненные на базе микропроцессоров.

Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ) оснащают спутниковой навигационной связью. Оно регистрирует параметры движения и управления тормозами, а также имеет возможность совместной работы с другими устройствами безопасности движения, например, с САУТ (системой автоматического управления тормозами) и ТС КБМ (телемеханической системой контроля бдительности машиниста). Для определения местоположения подвижной единицы применяют комбинированные приемники, которые осуществляют автоматический поиск, прием и обработку сигналов спутниковых радионавигационных систем типа GPS NAVSTAR (США) и ГЛОНАСС (Россия). Приемники позволяют непрерывно определять значения географических координат (широту и долготу), пройденный путь транспортного средства, а также астрономическое время и скорость движения.

В зависимости от назначения и условий безопасности движения по железнодорожным путям единицы самоходного СПС разделяют на две категории.

К *первой категории* относят тяжелые самоходные путевые машины (ВПр, ВПРС, ВПО, ПМГ, ПОМ, ПРСМ, DGS, Duomatic, Unimat, Plasser, SSP-110 и др.), тяговые модули (УТМ, ТЭУ, ПТМ, ПА), а также автомотрисы АС. На них устанавливают устройства КЛУБ УП.

КЛУБ УП обеспечивает различные режимы работы (поездной, маневровый, двойной тяги и рабочий). Систему КЛУБ УП используют на ССПС при движении на участках железных дорог с автономной и электрической тягой постоянного и переменного тока, оборудованных путевыми устройствами АЛСН, либо системой координатного регулирования движения поездов на базе цифрового радиоканала и системой МАЛС (маневровой автоматической локомотивной сигнализацией) на станциях. Бортовая аппаратура устройства КЛУБ УП выполняет функции управления торможением, измерения пути и скорости, передачи информации на пульт управления машиниста, а также регистрации режимов движения ССПС.

Вторая категория включает мотовозы, дрезины, специальные автомотрисы тяжелого и среднего типа, предназначенные для транспортирования отдельных вагонов и платформ с обслуживающим персоналом. В их числе МПТ, МП, МПД, ДГКУ, АМД, АДМ, АГВ, АРВ, АМ, АГС, АГД и др. Их оснащают устройствами безопасности КЛУБ УП, набор функций которого несколько упрощен – отсутствует регистрация режимов движения. Однако в недалекой перспективе планируется их повсеместная замена на систему КЛУБ УП.

Любые системы и устройства безопасности, установленные на СПС, конечной целью имеют предупреждение аварийных ситуаций. Для этого

в качестве автостопа используют электропневматические клапаны (ЭПК), управляющие автоматическими тормозами. Если машинист не приступает к служебному торможению при возникновении аварийной или другой экстремальной ситуации, то по истечении заданного промежутка времени происходит автоматическое торможение СПС до его полной остановки.

1.7.3 Управление путевыми работами

Как уже было неоднократно отмечено, широкий спектр путевых работ реализуют с помощью машин и инструмента различной степени сложности и различного уровня автоматизации – от ручного электрического или гидравлического инструмента до такого машинного агрегата, как ВПР 09-3Х.

При этом эффективность производства путевых работ зависит от многих факторов, включая конструктивные особенности рабочих органов, режимы функционирования двигателя и всех элементов трансмиссии, гидро- и пневмооборудования, также степень автоматизации системы управления машины в целом.

Различают частичную (локальную) и комплексную автоматизацию машины. В большинстве случаев в машинах используют частичную автоматизацию, которая обеспечивает автоматическое управление рабочими органами при выполнении отдельных операций технологического процесса путевых работ.

Однако ряд технологических процессов производства путевых работ требует системного подхода к их реализации, что может обеспечить только комплексная автоматизация машины. При этом машинист выполняет только операции пуска и остановки машины, а реализация заданных функций всех ее агрегатов и узлов происходит в автоматическом режиме без его участия.

В качестве примера управления путевыми работами целесообразно рассмотреть выправку железнодорожного пути. *Выправка пути* – это сложный технологический процесс направленного перемещения рельсошпальной решетки из фактического положения в проектное. Постановку пути в требуемое положение в продольном профиле, в плане и по уровню при различных видах ремонта и текущего содержания пути осуществляют выправочно-подбивочно-отделочные и рихтовочные машины непрерывного и циклического действия. На этих машинах устанавливают автоматические системы, которые обеспечивают одновременно выправку пути в трех координатах (в продольном профиле, в плане и по уровню) или рихтовку пути (выправку в плане).

Железнодорожный путь выправляют в трех плоскостях [23]. Положение рельсовых нитей железнодорожного пути располагают в прямоугольной системе координат $OXYZ$ (рисунок 1.39) следующим образом: ось X направляют по продольной оси пути; ось Y – перпендикулярно оси пути в горизонтальной плоскости; ось Z – нормально к горизонтальной плоскости. Выправку пути в плоскости OXY (в плане) называют *рихтовкой*, в продольной

вертикальной плоскости OXZ – нивелировкой, в поперечной вертикальной плоскости OYZ – установкой рельсовых нитей по уровню.

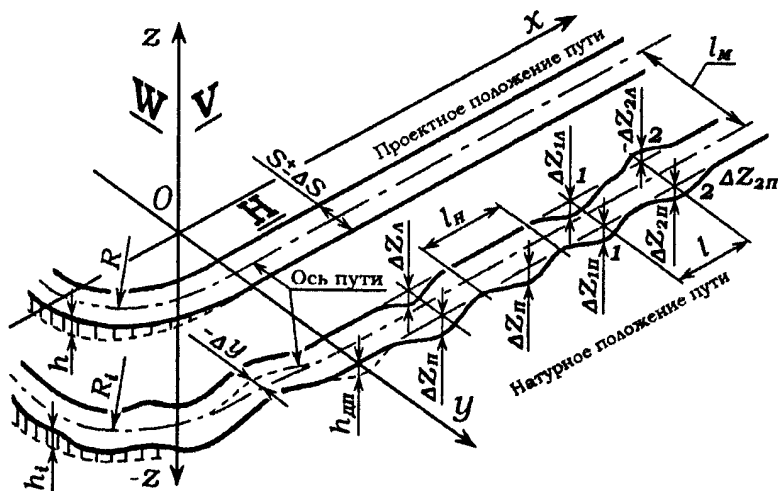


Рисунок 1.39 – Положение рельсошпальной решетки в прямоугольной системе координат $OXYZ$

Автоматические системы управления выправкой пути разделяют на однокоординатные – выправляют (рихтуют) путь в одной плоскости (в плане), двухкоординатные – выправляют путь в плане и продольном профиле и трехкоординатные – выправляют путь в плане, продольном профиле и по уровню.

На Белорусской железной дороге работают машины, оборудованные различными системами автоматической выправки пути в плане (рихтовки) и в продольном профиле. Так, рихтовку пути производят электробалластерами с навесным рихтующим устройством, а также машинами ВПО-3000, оснащенными различными типами рихтовочных устройств.

Одновременную автоматическую выправку пути в плане и в продольном профиле производят с помощью систем, установленных на машинах ВПР-1200, а также на ряде моделей машин ВПО-3000.

Наиболее эффективными машинами, обеспечивающими высокое качество выполнения одновременно выправки пути в плане, в продольном профиле и по уровню, являются австрийские машины ВПР-08 (Duomatic 08-32 Center Tool), ВПР-09 (Duomatic 09-32 CSM), ВПРС-08 (UNIMAT COMPACT 08-275/3S-16), ВПР-09-3X (Dynamic Stophexpress 09-3X) производства компании «Plasser & Theurer», а также их современные российские аналоги ВПР-02, ВПРС-02 и ВПРС-03.

На рисунке 1.40 представлена схема расположения измерительных тележек системы автоматического управления рихтовкой пути. Рихтовочная

рельсовой нити натягивают стальной трос-хорду (нивелировочный трос) с возможностью перемещения по высоте. На средней тележке (измерительной) устанавливают пропорциональный датчик высоты троса, с помощью которого измеряют отклонение пути по вертикали от заданного тросом положения, а также управляющее электромеханическое устройство, которое воздействует на подъемно-рихтовочный механизм, поднимающий путь до заданного положения.

Качество выправки пути по уровню, в продольном профиле и в плане контролируют *устройства оперативного контроля и регистрации* положения выправленного пути. Все устройства оперативного контроля представляют собой стрелочные измерительные приборы, которые включают измерительную тележку, маятниковый датчик уровня и измерительный прибор.

Устройства регистрации осуществляют запись на ленту положения выправленного пути по уровню и в плане по мере движения машины.

Помимо описанных мероприятий, обеспечивающих автоматическую выправку железнодорожного пути (в продольном профиле, в плане и по уровню), в путевом хозяйстве автоматизированы путевые работы, управление которыми со стороны человека является затруднительным или невозможным, а также влияющие на безопасность движения СПС.

Контрольные вопросы

- 1 Классифицируйте путевые работы по основным признакам.
- 2 Какие узлы и механизмы составляют основу путевой машины?
- 3 Дайте классификацию путевых машин по основным признакам.
- 4 Назовите функции привода машины и его составных частей.
- 5 Как определить мощность дизельного ДВС с учетом параметров рабочих органов?
- 6 По каким характеристикам оценивают эффективность силовой трансмиссии?
- 7 Назовите состав гидравлического привода. Нарисуйте его структурную схему. Для чего в его составе имеются механические передачи?
- 8 Назовите состав и назначение гидрооборудования в открытой и закрытой гидропередачах.
- 9 Чем отличаются гидрообъемные передачи от гидродинамических?
- 10 Изложите принцип действия гидромфты и гидротрансформатора.
- 11 В чем состоят конструктивные и эксплуатационные различия гидромфты и гидротрансформаторов?
- 12 Изложите функции комплексного гидротрансформатора.
- 13 Как изменяется КПД гидротрансформатора при изменении скорости вращения вала?
- 14 Назовите основные элементы гидро- и пневмопривода.
- 15 В каких системах и механизмах применяют пневмопривод?
- 16 Перечислите основные элементы пневмопривода и нарисуйте его структурную схему.
- 17 Назовите состав электрического привода и изобразите его структурную схему. В каких приводах применяют электродвигатели постоянного и переменного тока?

- 18 Начертите схему привода хода укладочного крана УК-25 СП.
- 19 Приведите показатели основных параметров трансмиссий.
- 20 Какие конструкции рам используют в путевых машинах?
- 21 Какие силовые цилиндры используют для торможения колесных пар путевых машин в рабочем и транспортном режимах?
- 22 Какие устройства безопасности используют в путевых машинах первой и второй категорий?
- 23 Дайте классификацию рабочих органов путевых машин. Какие рабочие органы подвергаются наибольшему изнашиванию?
- 24 Приведите примеры активных рабочих органов поступательного и вращательного действия путевых машин и опишите их технологические возможности.
- 25 Приведите примеры пассивных рабочих органов поступательного действия путевых машин и опишите их технологические возможности.
- 26 Дайте классификацию и опишите системы управления путевых машин.
- 27 Из каких элементов состоит традиционная система управления?
- 28 Какие основные операции обеспечивают функционирование автоматической системы управления?
- 29 Изобразите схему привода с гидроусилителем и объясните принцип его действия.
- 30 Изобразите схему привода с пневмоусилителем и объясните принцип его действия.

2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПУТЕВЫХ МАШИН

Строительство, реконструкцию, ремонт и содержание железных дорог осуществляют машинами различного назначения, а также комплексами на их основе. Темпы и качество строительных и ремонтных работ зависят от рационального сочетания и взаимной согласованности показателей машин, составляющих машинные комплексы, а также от работоспособности каждой машины.

Работоспособность машины – это ее способность выполнять заданные функции и сохранять свои параметры в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Это определение согласуется с более общей характеристикой работоспособности, изложенной в стандарте ГОСТ 27.002 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»:

«Работоспособность – это состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации».

Машина может находиться в работоспособном или в неработоспособном состоянии.

Работоспособным называют состояние машины, при котором значения всех параметров, определяющих ее способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Неработоспособное – состояние, при котором значение хотя бы одного параметра не соответствует требованиям упомянутой документации.

Работоспособность любой машины, как сложной технической системы зависит от работоспособности элементов, составляющих эту систему, т. е. узлов, агрегатов и деталей. Потеря или снижение работоспособности любого элемента ведет к потере или снижению работоспособности машины в целом.

Переход от работоспособного к неработоспособному состоянию, т. е. возникновение отказа, обусловлен физическим старением деталей и конструкций машины, в основе которого лежат процессы изнашивания и ухудшения свойств материалов деталей, конструкций и сборочных единиц машины.

Переход от неработоспособного к работоспособному состоянию, т. е. устранение отказа, связан с восстановлением свойств материалов, формы и размеров деталей и конструкций машины путем использования ремонтно-

восстановительных мероприятий, которые регламентированы рядом стандартов, в том числе ГОСТ 18322 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения».

Работоспособность машины оценивают по набору прямых и косвенных показателей.

Прямые показатели – это параметры рабочего процесса (усилия, развиваемые на рабочем органе, величина крутящего момента на выходном валу и частота его оборотов, скорости рабочие и транспортные, подача гидронасоса, сила тока и напряжение в электроприводе и др.) и геометрические характеристики деталей и сборочных единиц (размерная точность деталей, отклонения формы и расположения их поверхностей, зазоры и натяги в сопряжениях).

Косвенные показатели – это параметры сопутствующих процессов (расход энергии и топлива, величина мощности, температура масла, давление в гидросистеме, уровень вибрации и шума, загазованность и т. п.).

Постепенное (не внезапное) ухудшение показателей, характеризующих работоспособность составных частей машин (зазоры, натяг, размерная точность деталей и др.), связано с износом деталей и сопряжений, а также старением материалов, из которых они изготовлены. Их (показатели) используют для определения технического состояния и работоспособности составных частей и машины в целом без ее разборки. В реальных условиях эксплуатации отказ определяют по значениям этих показателей.

Таким образом, работоспособность машины можно количественно оценить в любой момент времени, в том числе при техобслуживании, а также в случае непредвиденных аварийных обстоятельств.

2.1 Работоспособность и надежность

Работоспособность машины зависит от надежности ее деталей и сборочных единиц, которая влияет на производительность работ, трудоемкость технического обслуживания и ремонта, потребность в запасных частях и материалах для производства ремонтных работ. Управление надежностью осуществляют на всех стадиях ее создания и функционирования. Надежность машины закладывают при проектировании, реализуют при изготовлении и поддерживают при эксплуатации.

Надежность – это свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя во времени эксплуатационные показатели в заданных пределах в соответствии с условиями работы, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования (ГОСТ 27.002). Она оказывает влияние на эксплуатационные, технологические и технико-экономические показатели машин. Выбор оптимальной надежности является важной задачей, поскольку при недостаточной надежности резко возрастают затраты на техническое

обслуживание и ремонт машины, а при избыточной снижается эффективность ее использования и происходит перерасход ресурсов.

Надежность характеризуется свойствами, которые способствуют сохранению работоспособности машины на стадии эксплуатации, а именно: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Безотказность – свойство машины непрерывно сохранять работоспособность в течение наработки до отказа (или планового техобслуживания).

Количественно безотказность выражают временем эксплуатации (наработки) машины до отказа. При этом суммируют только те периоды времени, которые характеризуют наработку машины до отказа (без учета остановок на техническое обслуживание и ремонт) с момента ввода машины в эксплуатацию и до ее остановки из-за потери работоспособности.

Наработкой называют продолжительность или объем работы машины, который измеряется в часах, моточасах, километрах выполненных работ, кубометрах разработанного грунта или тоннах переработанного или транспортированного груза.

Безотказность имеет большую значимость для путевых машин, которые эксплуатируют в ограниченные периоды «окон» в составе машинных комплексов. Остановка любой из них вследствие отказа нарушает технологический процесс в целом и тем самым наносит существенный экономический ущерб. В качестве примера можно привести выполнение капитального или среднего ремонта пути или ремонта стрелочных переводов щебнеочистительными комплексами.

Безотказность машин характеризуют несколько показателей, из которых отметим следующие.

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что в пределах заданной наработки не произойдет отказа машины. Ее можно оценить из выражения

$$P(t) = \frac{1}{N}(N - n), \quad (2.1)$$

где N – общее число машин, работоспособных в начальный момент времени;

n – число машин, отказавших ко времени t .

Средняя наработка на отказ – это среднее время безотказной работы восстанавливаемой (ремонтимруемой) машины между отказами, т. е. это отношение наработки машины к среднему числу отказов ее элементов в период этой наработки. Среднюю наработку на отказ, ч, ремонтимруемой машины определяют по формуле

$$T_o = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} t_i, \quad (2.2)$$

где $\sum_{i=1}^{N_0} t_i$ – суммарная наработка машины, ч;

N_0 – число отказов ее элементов в период этой наработки.

Средняя наработка до отказа – это среднее значение наработки *невосстанавливаемого* элемента машины до первого отказа. Среднюю наработку, ч, до первого отказа определяют из выражения

$$T_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{1i}, \quad (2.3)$$

где t_{1i} – наработка до первого отказа i -го элемента, ч;

$\sum_{i=1}^N t_{1i}$ – суммарная наработка неремонтируемых элементов до первого отказа, ч;

N – общее число этих элементов.

Средняя наработка до отказа невосстанавливаемых элементов соответствует показателю средней наработки на отказ восстанавливаемых элементов.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ – это вероятность отказа невосстанавливаемого элемента, т.е. отношение среднего числа Δn элементов, отказавших в единицу времени Δt , к числу элементов N_p , сохранивших работоспособность:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{\Delta t} \frac{1}{N_p}.$$

Как правило, для многих элементов машин зависимость интенсивности отказов от времени наработки имеет вид, представленный на рисунке 2.1.

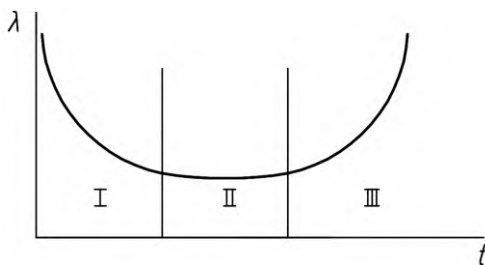


Рисунок 2.1 – Зависимость интенсивности отказов от времени наработки

Время наработки можно условно разбить на три этапа. На первом этапе, который характеризуется повышенной интенсивностью отказов, происходит приработка и выявление скрытых дефектов как конструктивных, так и технологических. Часто окончание приработочного этапа связывают с завершением гарантийного обслуживания машин предприятием-изготовителем. На втором этапе реализуется режим стабильной работы, для которого характерна практически постоянная интенсивность отказов. И наконец, на третьем этапе –

этапе критического интенсивного старения – увеличивается интенсивность отказов вплоть до достижения предельного состояния из-за массового числа отказов (вследствие износа, усталостного разрушения и других причин, связанных с длительной эксплуатацией). С учетом всех этих факторов ресурсом машины считают границу между вторым и третьим этапами наработки.

На практике безотказность оценивают по сумме периодов наработки машины, каждый из которых включает время от момента начала ее наработки до отказа, на протяжении всего времени эксплуатации вплоть до достижения предельного состояния. При этом не учитывают периоды наработки, связанные с остановкой машины для планового техобслуживания.

Долговечность – свойство машины сохранять работоспособность с использованием системы технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния.

Долговечность характеризует продолжительность работы машины по суммарной наработке, которая включает периоды эксплуатации и периоды восстановления ее работоспособности при техническом обслуживании и ремонте. Поэтому на практике долговечность количественно выражают временем эксплуатации машины до капитального ремонта или до списания машины.

Предельное состояние машины – это состояние, при котором ее дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена. Причинами прекращения работы могут быть следующие обстоятельства:

- неустранимое ухудшение требований безопасности;
- недопустимое ухудшение параметров по сравнению с заданными значениями;
- недопустимое снижение эффективности эксплуатации;
- необходимость проведения капитального ремонта.

Таким образом, по достижении предельного состояния эксплуатация машины становится недопустимой или нецелесообразной.

За критерий предельного состояния принимают признаки существенного нарушения работоспособности машины. Для машины в целом к ним относятся необходимость:

- ремонта или замены нескольких составных частей машины;
- полной разборки машины из-за повреждения базовой сборочной единицы (например, несущей рамной конструкции).

Для узлов и агрегатов машины критериями предельного состояния может служить необходимость:

- замены или трудоемкого ремонта корпусной детали;
- замены или ремонта нескольких основных деталей;
- трудоемкого ремонта агрегатов или узлов при несоответствии параметров функционирования машины значениям, установленным нормативно-технической документацией.

Количественная оценка выбранного критерия базируется на требованиях нормативно-технической документации.

Следствием достижения предельного состояния машины (а также ее узлов и агрегатов) является капитальный ремонт или списание, а деталей – их замена.

Долговечность машин и их элементов характеризуют следующие ресурсные показатели.

Ресурс – это наработка машины от начала ее эксплуатации (или возобновления после ремонта) до перехода в предельное состояние.

Средний ресурс до капитального ремонта представляет собой среднее значение наработки от начала эксплуатации машины до первого капитального ремонта. Соответственно, *средний ресурс до списания* – это среднее значение наработки от начала эксплуатации машины до ее списания.

Средний срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации машины от ее начала (или возобновления эксплуатации после ремонта), включая простои и перерывы в работе, до перехода в предельное состояние. Он измеряется в календарных единицах.

Таким образом, *срок службы машины* – это продолжительность ее существования, включая эксплуатацию (наработку), а *ресурс* – время только эксплуатации (наработки). В расчетах ресурса учитывают только время наработки, а в расчетах срока службы – всё календарное время, включая и периоды простоя, и периоды простоя как по объективным, так и по субъективным причинам. В этом и состоит различие понятий срока службы и ресурса.

Средний ресурс до капитального ремонта (или до списания), ч, N машин оценивают по формуле

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i, \quad (2.4)$$

где T_i – величина ресурса i -й машины, ч.

Гамма-процентный ресурс T_γ – это наработка, в течение которой машина не достигает предельного состояния с заданной вероятностью γ процентов (γ , %). По существу, регламентированная вероятность γ – это заданный процент машин, каждая из которых достигает установленного ресурса T_γ . Он определяется по формуле

$$P(T_\gamma) = \frac{\gamma}{100}. \quad (2.5)$$

Основное различие между долговечностью и безотказностью состоит в том, что долговечность характеризует способность машины сохранять работоспособность с обязательными перерывами на техобслуживание и ремонт, а безотказность – сохранять работоспособность непрерывно (до отказа или до планового техобслуживания).

Для невосстанавливаемых деталей и сборочных единиц понятия безотказности и долговечности совпадают.

На практике долговечность машины оценивают по времени от начала ее эксплуатации до капитального ремонта или до списания. При этом суммируют как периоды времени наработки, так и периоды простоев, затраченных на техобслуживание и текущий ремонт.

Ремонтопригодность – свойство машины, состоящее в ее приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и их устранению с помощью техобслуживания и ремонта.

Количественно ремонтпригодность выражают временем техобслуживания и текущего ремонта, необходимым для восстановления работоспособного состояния машины. Это время включает обнаружение причины отказа и его устранение.

Среднее время восстановления работоспособного состояния, $\bar{t}_B$, – это время вынужденного нерегламентированного простоя, необходимого для поиска, обнаружения и устранения отказа, которое определяют по формуле

$$T_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{Bi}, \quad (2.6)$$

где N – общее число восстанавливаемых машин;

t_{Bi} – время восстановления i -й машины, ч.

Вероятность восстановления машины в заданное время определяют из выражения

$$P_B(t) = \frac{1}{N}(N - n), \quad (2.7)$$

где N – общее число машин, подлежащих восстановлению за промежуток времени t ;

n – число машин, не восстановленных за этот же промежуток времени t .

Для определения вероятности восстановления необходимо знать закон распределения времени восстановления. Наиболее часто используют экспоненциальный закон. Для него вероятность распределения за заданное время t записывают в виде

$$P_B(t) = 1 - e^{-t/T_B}. \quad (2.8)$$

При расчете показателей ремонтпригодности учитывают лишь оперативное время обнаружения и устранения отказов.

Из всех показателей надежности ремонтпригодность машины в наибольшей степени связана с эффективностью ремонтно-профилактических работ. По существу, техобслуживание и ремонт – это практическая реализация ремонтпригодности. Она зависит от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, в их числе:

– блочно-агрегатная компоновка, т. е. возможность монтажа-демонтажа агрегата без его предварительной разборки или смежного с ним узла;

- легкосъемность при замене агрегатов (с минимальными затратами времени и труда);
- доступность проведения осмотра и работ по регулировке и замене деталей;
- контролепригодность (возможность контроля технического состояния машины при техобслуживании, а также поиска причины отказа с помощью диагностической аппаратуры);
- взаимозаменяемость деталей и узлов, которая характеризуется объемами пригоночных работ;
- степень унификации деталей, узлов и агрегатов.

Каждый из этих факторов влияет на качество и скорость проведения техобслуживания и ремонта, от которых зависят показатели безотказности и долговечности, определяющие ресурс и срок службы машины.

Перечисленные факторы учитывают при оценке дополнительных показателей ремонтпригодности, в числе которых:

- *коэффициент унификации*, определяющий долю унифицированных деталей и сборочных единиц в машине,

$$K_y = \frac{N_y}{N_o}, \quad (2.9)$$

где N_y – число унифицированных деталей и сборочных единиц;

N_o – общее число деталей и сборочных единиц;

- *коэффициент контролепригодности*, определяющий долю элементов машины, приспособленных к контролю их технического состояния при эксплуатации машины,

$$K_k = \frac{N_k}{N_{ko}}, \quad (2.10)$$

где N_k – число приспособленных к контролю элементов машины;

N_{ko} – общее число элементов машины, нуждающихся в контроле;

- *коэффициент взаимозаменяемости*, который оценивает долю взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц без дополнительной механической обработки,

$$K_b = \frac{N_b}{N_o}, \quad (2.11)$$

где N_b – число взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц;

- *коэффициент доступности*, характеризующий соотношение трудоемкостей основных работ, необходимых при демонтаже-монтаже подлежащей замене сборочной единицы, и дополнительных работ, не связанных непосредственно с ее разборкой-сборкой,

$$K_d = 1 - \frac{T_d}{T_d + T_o}, \quad (2.12)$$

где T_d , T_o – трудоемкость выполнения соответственно дополнительных и основных работ, чел./ч;

– коэффициент легкосъемности, который характеризует выполнение операций разборки-сборки с минимальными временными и трудовыми затратами,

$$K_{л} = 1 - \frac{\Delta T_{дм}}{T_{дм}}, \quad (2.13)$$

где $\Delta T_{дм}$ – отклонение трудоемкости демонтажно-монтажных работ сборочной единицы от заданных нормативов, чел./ч;

$T_{дм}$ – трудоемкость демонтажно-монтажных работ сборочной единицы машины, чел./ч.

Оценку рассмотренных показателей ремонтпригодности в основном проводят на основании результатов специальных испытаний, которые затем сравнивают со значениями, требуемыми по нормативно-технической документации.

Таким образом, на практике ремонтпригодность характеризуют суммой периодов времени, затраченного на техобслуживание и текущий ремонт машины.

Сохраняемость – свойство машины непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние при хранении и транспортировании. Она характеризует способность машины противостоять отрицательному воздействию факторов длительного хранения и транспортирования (влаги, облучения, загрязненности и температуры окружающей среды и т. п.), а также обеспечивать сохранение показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в заданных пределах.

Высокие показатели сохраняемости достигаются при использовании защитных лакокрасочных и полимерных покрытий, герметиков и упаковочных пленок, специальных заглушек и пробок, установкой опорных приспособлений, а также хранением машин в ангарах и других закрытых помещениях.

Сохраняемость имеет большую значимость для путевых машин, которые работают сезонно и хранятся в основном на открытых площадках, где подвергаются воздействию разнообразных атмосферных факторов.

Сохраняемость машины характеризуют несколько временных показателей, которые оценивают календарной продолжительностью ее хранения и транспортирования, в течение (и после) которой сохраняются значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности.

Средний срок сохраняемости, ч, – это среднее время хранения машины до момента ее эксплуатации

$$T_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{ci}, \quad (2.14)$$

где t_{ci} – время сохраняемости i -й машины, ч.

Гамма-процентный срок сохраняемости – это срок сохраняемости, достигаемый машиной с заданной вероятностью γ процентов (γ , %). Его определяют по формуле

$$P_c(T_\gamma) = \frac{\gamma}{100}. \quad (2.15)$$

Различают исправное и неисправное, работоспособное и неработоспособное состояния машины.

В исправном состоянии машина соответствует всем требованиям нормативно-технической документации, в неисправном – не соответствует хотя бы одному из них.

В работоспособном состоянии машина способна выполнять заданные функции и сохранять значения всех параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией, в неработоспособном – не способна выполнять заданные функции, если хотя бы один параметр не соответствует этим требованиям.

Как видно из этих определений, исправность как понятие шире, чем работоспособность. Исправная машина должна удовлетворять всем требованиям нормативно-технической документации, а работоспособная – только тем, которые обеспечивают ее нормальное функционирование, т. е. машина может быть работоспособной, но неисправной (например, машина с вмятиной на двери кабины).

Наглядное представление о надежности машины дает фрагмент графика ее эксплуатации (рисунок 2.2), на котором показаны периоды наработки (эксплуатации) t_n , ремонта t_p и технического обслуживания t_{to} , т. е. периоды работоспособного и неработоспособного состояний машины. Они могут различаться по продолжительности и чередованию, что дает информацию о показателях надежности машины. В частности, участки t_n характеризуют ее безотказность: чем они длиннее, тем выше безотказность. Участки t_p и t_{to} свидетельствуют о ремонтопригодности машины (с их уменьшением ремонтопригодность возрастает). И наконец, с увеличением общей длины участков $(t_n + t_p)$ и $(t_n + t_{to})$ растет долговечность машины, которую характеризует время от начала эксплуатации (от нуля) до достижения предельного состояния $t_{пред}$.

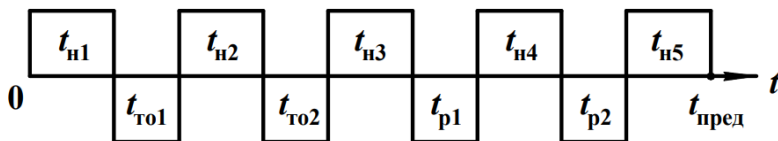


Рисунок 2.2 – График эксплуатации машины:

t_{ni} – период времени наработки, час; t_{toi} – период времени технического обслуживания, ч;
 t_{pi} – период времени ремонта при возникновении отказа, ч; $t_{пред}$ – момент наступления предельного состояния, ч

Поэтому для решения практических задач в качестве основных характеристик надежности используют следующие показатели:

- средний срок службы;
- средний и гамма-процентный ресурсы до капитального ремонта или до списания;
- среднюю наработку до отказа или на отказ, вероятность безотказной работы;
- среднее время восстановления работоспособного состояния;
- средний и гамма-процентный сроки сохраняемости.

Помимо указанных единичных показателей используют комплексные показатели надежности машин. К их числу относят коэффициенты готовности и технического использования.

Коэффициент готовности k_r характеризует вероятность того, что машина окажется работоспособной в произвольный момент времени, кроме периодов выполнения планового технического обслуживания и ремонта.

Коэффициент k_r равен отношению времени безотказной работы к сумме времени безотказной работы и времени на восстановление (исключая время на плановые ремонты и техническое обслуживание):

$$k_r = \frac{T_o}{T_o + T_b}, \quad (2.16)$$

где T_o – среднее время безотказной работы, т. е. средняя наработка на отказ, ч;

T_b – среднее время восстановления, ч.

Коэффициент готовности характеризует именно готовность машины к эксплуатации, т. е. ее безотказность. Поэтому в формуле (2.16) и в других расчетах учитывают только время безотказной работы (наработку на отказ) и оперативное время устранения отказа, т. е. немедленного восстановления. Простои во время планового технического обслуживания, хранения и транспортирования не учитывают.

Для путевых машин из-за жесткого лимита времени, связанного с технологическими периодами «окон», готовность к эксплуатации, т. е. способность находиться в процессе эксплуатации в работоспособном состоянии имеет важное значение.

По данным работы [14], средний коэффициент готовности любой путевой машины $k_r = 0,75 \dots 0,85$, однако для комплекта путевых машин, выполняющих реконструкцию пути, он не превышает $k_r = 0,65$.

Коэффициент технического использования $k_{ти}$ равен отношению суммарного времени пребывания машины в работоспособном состоянии к суммарному времени ее эксплуатации, включающему периоды пребывания машины в работоспособном состоянии и периоды простоев:

$$k_{ти} = \frac{t_n}{t_n + t_p + t_{то} + t_b}, \quad (2.17)$$

где t_n – суммарная наработка (пребывание в работоспособном состоянии) машины, ч;

t_p – суммарное время простоев при проведении плановых и внеплановых ремонтов, ч;

$t_{то}$ – суммарное время простоев при проведении всех видов технического обслуживания, ч;

t_v – суммарное время простоев на восстановление машины, ч.

Таким образом, коэффициент технического использования характеризует время пребывания машины в работоспособном состоянии, включая время проведения всех видов плановых и внеплановых ремонтов при устранении отказов. При этом он учитывает простои машины как из-за внепланового ремонта, так и из-за профилактического техобслуживания.

Из выражений (2.16) и (2.17) следует: чем меньше суммарные простои, связанные с техобслуживанием и ремонтом, и среднее время восстановления, тем выше коэффициенты k_T и $k_{ти}$. Соответственно, увеличение коэффициентов технического использования и готовности способствует сбережению материальных, трудовых и энергетических ресурсов при эксплуатации машин.

Еще раз подчеркнем: комплексные показатели надежности k_T и $k_{ти}$ зависят от эффективности ремонтно-профилактических мероприятий при эксплуатации машин, т. е. от времени, которое затрачивают на техобслуживание и ремонт машин и их составных частей.

Эти показатели (k_T и $k_{ти}$) не являются неизменными в процессе эксплуатации машины, поскольку под влиянием механических нагрузок и окружающей среды происходит физическое старение узлов и агрегатов машины, т. е. ухудшение их функциональных характеристик. Система ППР лишь частично сдерживает их старение, о чем свидетельствуют данные таблицы 2.1 [20]. За неимением достоверной информации по СПС проанализируем влияние времени наработки на показатели надежности других мобильных машин (землеройно-транспортных). Видно, что с увеличением наработки в два-четыре раза увеличиваются количество отказов и время простоев на один отказ (т. е. время на их устранение). При этом комплексные показатели надежности (k_T и $k_{ти}$) также значительно снижаются. Приведенные данные свидетельствуют о необходимости учитывать в расчетах падение эксплуатационной производительности машины во избежание увеличения эксплуатационных расходов путевого хозяйства из-за нерационального планирования параметров техобслуживания.

На практике эксплуатационную надежность машины характеризуют временные показатели: безотказность – время эксплуатации до первого отказа; долговечность – время эксплуатации до достижения предельного состояния; ремонтпригодность – время, затрачиваемое на восстановление, техобслуживание и ремонт; сохраняемость – время хранения и транспортирования, при котором сохраняются показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности.

Таблица 2.1 – Зависимость показателей надежности машин от наработки с начала их эксплуатации

Показатель надежности	Наработка, маш-ч					
	0–1000	1001–2000	2001–3000	3001–4000	4001–5000	5001–6000
Среднее количество отказов	2,8	5,4	5,8	6,1	6,5	7,2
Среднее время простоев на один отказ, ч	8,7	17,3	22,8	27,4	31,4	36,1
K_r	0,97	0,91	0,88	0,86	0,83	0,79
$K_{гн}$	0,90	0,84	0,82	0,80	0,76	0,71

Наиболее важными характеристиками надежности являются безотказность, определяющая эффективность использования СПС в условиях временного лимита, и долговечность, которая определяет ресурс и срок службы машин. В силу сложившихся обстоятельств и отсутствия отечественной базы по производству путевых машин вся техника, которая эксплуатируется на Белорусской железной дороге, спроектирована и изготовлена за рубежом. Поэтому управлять безотказностью и долговечностью СПС можно только на стадиях их эксплуатации и модернизации, используя систему ППР, которую культивируют на предприятиях Белорусской железной дороги. Эффективность ремонтно-профилактических мероприятий системы ППР зависит от технической, технологической и кадровой оснащенности ремонтно-эксплуатационных служб предприятий железной дороги. При благоприятном стечении упомянутых факторов система позволяет не только реализовать заданный ресурс, но и продлить срок службы единиц СПС, находящихся в эксплуатации.

2.2 Старение и снижение работоспособности

Надежность характеризует способность машины сохранять во времени свои технические характеристики и эксплуатационные показатели. Вместе с тем под воздействием механических нагрузок, окружающей среды, перепадов температуры и радиации происходит физическое старение ее элементов, что сопровождается ухудшением функциональных свойств, вплоть до перехода машины в неработоспособное или предельное состояние.

Именно физическое старение является основной причиной отказов. Вследствие физического старения наблюдается ухудшение функциональных и других характеристик (безопасности, экономичности, точности, быстродействия) машины и ее агрегатов. Критерием физического старения является, как правило, показатель технического состояния, поддающийся контролю, например, состав выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, расход топлива в единицу времени, уровень шума и вибрации и др.

Физическое старение сдерживается проведением работ по техобслуживанию и ремонту. Тем не менее время, затрачиваемое на восстановление машины в условиях эксплуатации, принято называть *простоями*.

Переход машины (или ее составных частей) из работоспособного в неработоспособное состояние происходит после наступления *отказа* – события, которое заключается в нарушении работоспособности машины. Иными словами, *отказ* – это состояние машины, при котором она частично или полностью теряет свою работоспособность и не может выполнять заданные функции, регламентированные нормативно-технической документацией (стандартами, техническими условиями и др.). Причинами нарушения работоспособности машины являются в основном изнашивание и изменение свойств материалов деталей, конструкций и сборочных единиц машины.

Отказы целесообразно классифицировать по следующим основным признакам:

- 1) *по критерию* различают функциональные и параметрические отказы;
- 2) *по причине возникновения* – конструкционные, технологические и эксплуатационные;
- 3) *по условиям возникновения и развития* – внезапные и постепенные;
- 4) *по сложности устранения* – отказы, устраняемые при техническом обслуживании, в ходе текущего ремонта и при капитальном ремонте.

Функциональные отказы приводят к частичному или полному прекращению выполнения функций машины в целом или ее узлов и агрегатов. Очень часто такие отказы связаны с разрушениями деталей и конструкций машины (поломками, недопустимыми деформациями, увеличенным износом и др.).

Параметрические отказы характеризуют отклонения параметров эксплуатации машин за пределы допускаемых норм. К ним можно отнести увеличенный расход топлива-смазочных материалов, состав выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, повышенный уровень шума и вибрации. Подобные отказы не препятствуют функционированию машины, однако с учетом требований нормативно-технической документации машина считается неработоспособной.

Конструкционные отказы появляются на этапе проектирования и конструирования. Их причинами могут быть:

- неудачная конструкция сборочной единицы или узла машины;
- ошибочно выбранный материал;
- неверно подобранная посадка в подвижных и неподвижных соединениях;
- несоответствие расчетных данных по прочности и износостойкости узлов машины нагрузочным режимам ее эксплуатации.

Технологические отказы возникают на этапе изготовления машины из-за нарушения требований технологии и контроля состояния ее элементов. К причинам их появления относятся:

- дефекты в материале деталей;
- нарушение расположения поверхностей и осей при механической обработке деталей;
- несоблюдение режимов термической и химико-термической обработки деталей;

- нарушение условий сборки-разборки агрегатов и машины в целом.

Эксплуатационные отказы являются следствием нарушений требований нормативно-технической документации по эксплуатации машины. В их числе:

- использование машины не по назначению;
- нарушение режимов работы, в том числе увеличенные нагрузки, превышающие установленные пределы;
- изнашивание трущихся поверхностей деталей до предельного состояния;
- низкий уровень технического обслуживания, наладки или ремонта;
- ошибочный выбор топливо-смазочных материалов.

Конструкционные и технологические отказы выявляются в основном в приработочный период эксплуатации. Количество эксплуатационных отказов резко возрастает на заключительной стадии эксплуатации машины из-за увеличения износа деталей в узлах трения машины (см. рисунок 2.1).

Постепенные отказы характеризуются постепенным ухудшением одного или нескольких параметров машины, что связано со старением деталей и узлов машины. Как правило, развитие постепенных отказов предупреждают с помощью системы ППР. Они составляют подавляющее большинство отказов (до 90 % от их общего числа).

Наиболее опасными для машины являются внезапные отказы, которые характеризуются резким ухудшением одного или нескольких параметров машины. Как правило, они возникают из-за грубых нарушений условий эксплуатации (столкновений, ударов, поломок, перегрузок), а также случайного воздействия внешних факторов, превышающих допустимые нормы. К таким же последствиям может привести конструкторская недоработка узла или агрегата, а также нарушение технологии производства и ремонта. Вследствие этого составные части машины теряют свои свойства, вплоть до разрушения. Количество таких отказов не превышает 10 % от общего числа отказов. К ним следует также отнести аварийные отказы.

Главными факторами старения являются изнашивание, усталостные разрушения и коррозия.

1 Изнашивание при трении. Изнашивание трущихся поверхностей деталей и узлов машины – это процесс их разрушения при трении. Он проявляется в отделении с поверхности трения частиц материала и постепенном изменении размеров и форм различных элементов машины (рабочих органов и ходового оборудования, деталей в сопряжениях и фрикционных узлах).

Трением называют сопротивление контактирующих поверхностей деталей их взаимному перемещению в сопряжениях и узлах трения. Подобный вид трения называют внешним трением.

Отдельно следует выделить трение и изнашивание рабочих органов, контактирующих с грунтами и балластными материалами, а также колес ходовой системы в контакте с рельсами (пары «колесо – рельс»).

Изнашивание является сложным процессом взаимодействия трущихся поверхностей, который сопровождается микрорезанием, деформированием и нагреванием, а также изменением механических свойств, структуры, фазового и химического состава поверхностных слоев.

В современных машинах отказы из-за изнашивания при трении достигают 80–90 % от общего числа отказов. Отказы в узлах трения могут возникать по следующим причинам:

- из-за износа трущихся поверхностей до предельного состояния;
- из-за резкого увеличения коэффициента трения вплоть до схватывания и заедания поверхностей трения;
- из-за недопустимого уменьшения коэффициента трения в тормозных системах и фрикционных передачах.

Из них основной причиной отказов является изнашивание трущихся поверхностей.

Износ – это результат изнашивания деталей, выражающийся в изменении их размера, формы, объема и массы. Для его количественной оценки используют такие показатели, как линейный износ, скорость и интенсивность изнашивания.

Линейный износ I – это изменение размера детали, мм, в направлении, перпендикулярном к поверхности трения. В некоторых случаях для оценки износа используют величину объемного или массового износа.

Скорость изнашивания – это отношение величины линейного износа ко времени, в течение которого он возникает, мм/ч:

$$v_l = \frac{I}{t}, \quad (2.18)$$

где I – величина линейного износа, мм;

t – время изнашивания, ч.

Интенсивность изнашивания – это отношение величины износа к длине пути трения, на котором происходит изнашивание, мм/м,

$$J_l = \frac{I}{L}, \quad (2.19)$$

где L – длина пути трения, м.

Свойство материала оказывать при трении сопротивление изнашиванию называют **износостойкостью**. Ее оценивают по изменению массы, линейных размеров или объема детали: чем меньше их изменение, тем выше износостойкость материала детали.

Характеристиками внешнего трения являются сила трения и коэффициент трения. На практике количественной мерой трения является **сила трения**, т. е. сила сопротивления относительному перемещению деталей в со-

пряжении, которая лежит в плоскости касания этих деталей. Отношение силы трения к нормальной (относительно поверхности трения) внешней силе называют **коэффициентом трения**.

Большую значимость в обеспечении работоспособности деталей в узлах трения машин имеет их смазка. Не вдаваясь в скрупулезный анализ характера смазки трущихся поверхностей (сухое, полусухое, граничное, полужидкостное и жидкостное трение), отметим в упрощенном виде обобщенные характеристики узлов трения без смазки и со смазкой.

При трении без смазки трущиеся поверхности деталей взаимодействуют непосредственно друг с другом (например, при трении тормозных колодок о тормозные барабаны или диски, при трении ведомого диска сцепления о маховик и др.), что сопровождается повышенным изнашиванием трущихся поверхностей деталей.

При трении со смазочным материалом между трущимися поверхностями формируется масляный слой, толщина которого превышает микронеровности поверхностей и тем самым не допускает их непосредственного контакта, что значительно снижает интенсивность изнашивания и затраты энергии на преодоление трения.

Важным фактором трения и изнашивания является характер трения, который влияет на динамику изнашивания. Различают три вида трения: трение скольжения, трение качения и трение качения с проскальзыванием.

Трение скольжения характеризуется наибольшим износом сопряженных деталей, что сопровождается высокой энергоемкостью процесса трения. Например, однозаходная червячная пара, в которой реализовано трение скольжения, имеет наименьший КПД ($\eta \leq 0,75$) из всех зубчатых передач. Оно характерно для кинематических пар, содержащих подшипники скольжения, манжетные уплотнители, направляющие и др. Однако имеется и положительный эффект трения скольжения – это возможность реализации больших сил трения при относительно малых нормальных силах (в тормозных системах, фрикционных передачах и др.). В частности, однозаходную червячную пару нередко используют как самотормозящийся механизм.

Трение качения имеет наибольшее распространение в машинах в связи с минимальным износом и низкой энергоемкостью. Этот вид трения реализован в парах «колесо – рельс», «вал – подшипник качения», «ролик – лента» и др.

Трение качения с проскальзыванием – это одновременно и качение, и скольжение сопряженных деталей. Этот вид трения по износу и энергетическим характеристикам занимает промежуточное положение между трением скольжения и трением качения. Трение качения с проскальзыванием происходит в кулачковых механизмах, в зубчатых передачах, обеспечивая в последних значительно меньшие потери на трение по сравнению с червячными.

Однако вид трения не является постоянной характеристикой узла трения. При его эксплуатации вид трения может меняться, что сопровождается

снижением работоспособности узла. Так, при загрязнении подшипников качения трение качения переходит в трение скольжения их промежуточных тел (роликов или шариков) по поверхности одного из колец или в трение скольжения подшипника по поверхности гнезда. Другой пример: при движении колес по рельсам трение качения колеса по рельсу переходит в трение качения с проскальзыванием в паре «обод колеса – рабочая поверхность рельса» и в трение скольжения в паре «реборда колеса – боковая поверхность головки рельса».

Изнашивание происходит в местах фактического контакта трущихся поверхностей, размеры которых намного меньше номинальной площади контакта, определяемой размерами сопряженных деталей. Силы, действующие в местах фактического контакта, вызывают деформации в поверхностных слоях, которые при многократном повторении приводят к усталостному разрушению поверхностных слоев. Помимо этого, на микровыступах площадок контакта может происходить микрорезание (отделение частиц материала), которое существенно интенсифицируется, если в зону трения попадают абразивные частицы.

Многочисленные и разнообразные **виды изнашивания** классифицированы, стандартизированы (ГОСТ 27674 «Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения») и разделены на три основные группы: механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое.

Механическое изнашивание является наиболее распространенным видом изнашивания и представляет собой процесс деформирования и разрушения поверхностных слоев трущихся деталей. В результате механического контакта поверхностей трения происходит их повреждение и отслаивание частиц материала трущихся деталей.

Механическое изнашивание, в свою очередь, разделяют на усталостное, абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное и кавитационное. Следует отметить, что это разделение в известной мере условно, поскольку чаще всего встречаются комбинации различных видов изнашивания. Тем не менее при эксплуатации путевых машин основными видами изнашивания их деталей, узлов и рабочих органов являются абразивное и усталостное.

Абразивное (от лат. *abrasio* – соскабливание) **изнашивание** происходит в результате микрорезания или многократного деформирования металла частицами твердых материалов (щебня, гравия, песка, пыли). С увеличением нагрузки величина износа возрастает, а с повышением твердости металла – снижается. Микрорезание наступает при следующем соотношении твердости материала поверхностного слоя детали H_d и твердости частиц абразива H_A :

$$H_d / H_A < 0,5.$$

лом или разрабатываемым грунтом, а также детали ходового оборудования. В частности, частицы щебня при контакте с поверхностью рабочих органов выправочно-подбивочно-рихтовочных, балластировочно-уплотнительных, балластировочных, щебнеочистительных и других машин способствуют их интенсивному износу.

Усталостное изнашивание возникает при трении деталей в подвижных сопряжениях («вал – подшипник», «вал – втулка» и др.) редукторов, короб перемены передач и других закрытых узлов машин, защищенных от коррозии и попадания абразивных частиц. Оно обусловлено знакопеременным деформированием металла деталей в зоне трения, которое приводит к накоплению повреждений в виде приповерхностных пор и перерастанию их в трещины, а затем – к отслаиванию частиц металла или выкрашиванию на поверхности трения. При увеличении износа деталей в подвижных сопряжениях растут зазоры между ними, вызывая увеличение динамических нагрузок, ухудшение условий смазывания в зоне трения и, в конечном счете, выход из строя узла или агрегата.

Для прогнозирования величины износа деталей в узлах трения машин важно знать характер зависимости износа от времени наработки, т. е. кинетику процесса изнашивания. Все виды этих зависимостей можно описать несколькими моделями, представленными на рисунках 2.3 и 2.4.

Кривая 2 (см. рисунок 2.3) характеризует линейную зависимость величины износа от времени, т. е. постоянную скорость изнашивания. Она удовлетворительно описывает абразивный износ рабочих элементов путевой машины, контактирующих с разрабатываемым грунтом или балластом.

Кривая 4 имеет период приработки и период с установившейся низкой скоростью изнашивания, что характерно для подшипников скольжения и некоторых шарнирных соединений.

Кривая 3 отличается монотонно убывающей скоростью изнашивания, характерной для зубчатых колес и подшипников скольжения при абразивном изнашивании.

Кривая 1 характеризуется монотонно повышающейся скоростью изнашивания и описывает износ шарнирных соединений гусеничных цепей и других деталей подобного типа, где из-за увеличивающегося зазора в сопряжение попадает всё больше абразива.

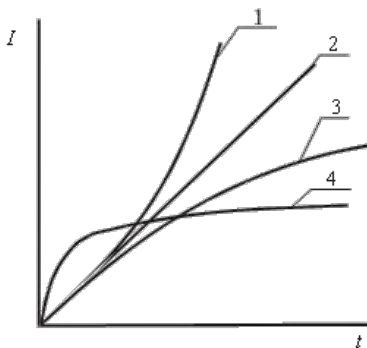


Рисунок 2.3 – Различные виды зависимости износа деталей от времени работы в узле трения

Для моделей изнашивания, описанных кривыми 3 и 1, можно использовать соотношение, связывающее ресурс детали с характеристиками износа:

$$T = \sqrt[n]{[I]_{\text{пред}} / v_I}, \quad (2.20)$$

где $[I]_{\text{пред}}$ – предельно допустимая величина износа, мм;

v_I – скорость изнашивания, мм/ч.

Указанное соотношение справедливо для кривой 3 при $n < 1$ и для кривой 1 при $n > 1$.

Наиболее общая модель изнашивания (кривая Лоренца), представленная на рисунке 2.4, описывает износ детали в узле трения, например, в сопряжении силовой трансмиссии. Она включает три основных периода:

1) период приработки ($0 - t_{\text{пр}}$), для которого характерен резкий рост износа (до прирабочной величины $I_{\text{пр}}$) с образованием большого количества

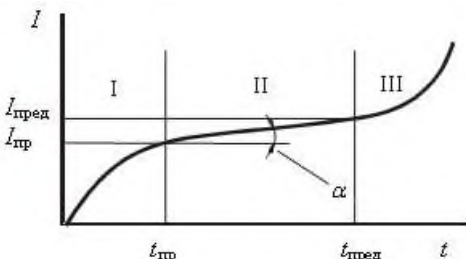


Рисунок 2.4 – Обобщенная зависимость износа от времени (кривая Лоренца)

продуктов изнашивания, загрязняющих смазку, и с повышением температуры в зоне трения;

2) период стабильной эксплуатации узла трения ($t_{\text{пр}} - t_{\text{пред}}$) с установившейся скоростью изнашивания до предельно допустимой величины износа ($I_{\text{пред}}$);

3) период критического (катастрофического) изнашивания ($t > t_{\text{пред}}$), в результате которого

растут зазоры в сопряжении, вызывая дополнительные динамические нагрузки, приводящие к ухудшению условий смазывания трущихся поверхностей, а по достижении критической (предельной) величины износа возникают ударные нагрузки на детали, наблюдаются резкое повышение температуры, заедание и, в конечном счете, выход из строя узла трения.

Таким образом, для периода нормальной эксплуатации узла трения характерна практически постоянная скорость изнашивания поверхности сопряженных деталей. Ресурс детали, ч (с учетом некоторых допущений)

$$T = \frac{[I]_{\text{пред}} - I_{\text{пр}}}{v_I}, \quad (2.21)$$

где $v_I = \text{tg} \alpha$, мм/ч;

α – угол наклона кривой на участке стабильной эксплуатации.

Как правило, узлы трения работают с перерывами и в ступенчатом режиме, что отражается на кривых изнашивания деталей узла, которые, в свою очередь, будут иметь ступенчатый вид. В общем случае ресурс детали узла трения, работающего в ступенчатом режиме, можно найти с учетом выражения

$$\sum_{i=1}^N t_i v_l = [I]_{\text{пред}},$$

где t_i – длительность i -го цикла (ступени);

N – число циклов работы за весь ресурс детали.

Если длительность цикла t_i выразить через ее относительную долговечность f_i ($t_i = T f_i$), то ресурс детали, ч, будет иметь вид

$$T = \frac{[I]_{\text{пред}}}{\sum_{i=1}^N f_i v_l} = \frac{[I]_{\text{пред}}}{\bar{v}_l}, \quad (2.22)$$

где f_i – относительная долговечность i -го цикла;

$\bar{v}_l$ – средняя скорость изнашивания детали, мм/ч.

Как видно из выражения (2.22), ресурс деталей узла трения связан с величинами предельного износа и средней скорости изнашивания.

2 Усталостное разрушение деталей и конструкций под действием внешних силовых нагрузок. Самым значительным фактором, влияющим на отказы деталей и конструкций машины, являются силовые нагрузки, которые вызывают необратимые изменения структуры и физико-механических характеристик материалов.

Большое число отказов в машинах связано с механическим разрушением деталей и конструкций. Как правило, имеют место два типа отказов по критерию прочности:

- внезапные отказы, вызванные мгновенным разрушением детали (действующие в детали или элементе конструкции напряжения превышают допустимые напряжения, обусловленные пределом прочности или текучести материала детали);

- постепенные отказы, связанные с накоплением повреждений при многократно повторяющихся циклических нагрузках, значения которых значительно ниже предела прочности или текучести материала.

Разрушения, вызванные внезапными статическими нагрузками (обычно это аварийные ситуации, например, наезд машины на непреодолимое препятствие и др.), встречаются редко.

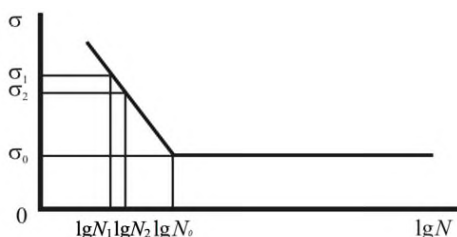
При эксплуатации машин разрушение их деталей и конструкций происходит в основном по механизму постепенного накопления повреждений при внешних силовых нагрузках. В результате воздействия циклических нагрузок со временем в деталях происходят необратимые явления, вызванные накоплением повреждений. Явление накопления повреждений под воздействием переменных напряжений (нагрузок) называют **усталостью**.

Способность материала выдерживать переменные силовые нагрузки называют **усталостной прочностью**. Она существенно ниже статической прочности материалов.

Если эти напряжения периодически превышают допускаемые, называемые пределом выносливости, в материале постепенно накапливаются микротрещины, которые, развиваясь, вызывают появление трещин недопустимых размеров или полное разрушение детали либо конструкции.

Предел выносливости – это максимальное напряжение, которое может выдержать материал детали без разрушения при длительной эксплуатации.

Количественно усталостный процесс описывают зависимостью (рисунок 2.5), связывающей максимальное напряжение σ в материале детали при ее нагружении с числом циклов нагружения N (кривая Велера). В качестве характеристики усталостной прочности



материала детали принимают предел выносливости σ_0 .

Для большинства конструкционных материалов (в том числе сталей) кривая усталости в полулогарифмических координатах имеет вид прямой с изломом, как на рисунке 2.5. Число N_0 (точка перелома кривой) называют базовым числом циклов

Рисунок 2.5 – Зависимость напряжений в материале детали от числа циклов нагружения

($N_0 = 10^7$). Если величина действующего напряжения σ_i не превышает предела выносливости σ_0 , то она не оказывает разрушающего воздействия на деталь и не вызывает ее отказа.

Практический интерес представляет наклонная (левая) часть кривой усталости, которая аппроксимируется степенной зависимостью

$$\frac{N_i}{N_0} = \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_i} \right)^m. \quad (2.23)$$

Зависимость (2.23) позволяет определить разрушающее число циклов N_i (т. е. ограниченную долговечность) при напряжениях в детали σ_i , если они превышают предел выносливости детали.

Показатель степени m зависит от свойств материала, формы и размера детали, условий нагружения и других факторов. Соответственно, из-за этого его величина меняется в довольно широких пределах ($m = 3 \dots 20$). Данный показатель можно определить двумя способами.

Во-первых, исходя из характеристик кривой усталости по формуле

$$m = \frac{\lg(N_0 / N_i)}{\lg(\sigma_0 / \sigma_i)}. \quad (2.24)$$

Во-вторых, по эмпирической зависимости

$$m = C / k, \quad (2.25)$$

где $C = 5 + \sigma_B / 80$;

k – коэффициент снижения предела выносливости, $k = 1$ при растяжении-сжатии;
 σ_b – предел выносливости при растяжении, МПа.

На рисунке 2.5 видно, что при увеличении напряжений с σ_2 до σ_1 ресурс детали уменьшается с N_2 до N_1 циклов. Число циклов, которое выдерживает деталь без разрушения (в данном случае N_1 и N_2) при определенном напряжении (соответственно при σ_1 и σ_2), называют *усталостной долговечностью*.

Предел выносливости является не только характеристикой прочностных свойств материала, но и параметром, который отражает влияние конструкции детали, технологии изготовления и условий эксплуатации.

К основным факторам, определяющим предел выносливости материала детали или конструкции, относятся:

- конструктивные (наличие и количество концентраторов напряжений, масштабный фактор, форма поперечного сечения детали и др.);
- технологические (структура металла, наличие объемных и поверхностных дефектов, шероховатость поверхности, поверхностное упрочнение);
- эксплуатационные (режим и вид нагружения, характер нагрузки, среда и температура эксплуатации).

К конструктивным концентраторам напряжений деталей относятся острые углы и резкие переходы, резкое изменение формы детали, которые значительно снижают показатели выносливости, поскольку в этих зонах возникают большие напряжения. Наиболее опасными местами деталей являются впадины зубьев и резб, галтели, шпоночные пазы и шлицы, поверхности с острыми углами. Для устранения их влияния на предел выносливости изменяют форму детали за счет оптимизации конфигурации опасных сечений, по возможности убирают острые углы и подрезы в деталях и конструкциях (например, за счет скругления впадин зубьев в зубчатых колесах), устраняют резкие переходы или изменяют конфигурацию переходных зон в деталях, сближают размеры различных зон деталей, а также увеличивают радиусы закруглений.

Конструктивные концентраторы напряжений в соединениях (сварных, заклепочных, резьбовых и прессовых) также отрицательно влияют на их выносливость. Например, в сварных соединениях концентрация напряжений возникает в швах из-за сварных дефектов (пор, непроваров, шлаковых включений) и неоднородности металла (литейной структуры шва, выгорания углерода и легирующих элементов). При этом предел выносливости сварных соединений снижается в 2–5 раз по сравнению с гладкими образцами из основного металла.

Масштабный фактор, а именно размеры заготовки, также влияет на выносливость детали. Чем больше абсолютные размеры поперечного сечения детали, тем больше дефектов структуры в объеме заготовки и тем меньше предел выносливости. При этом масштабный фактор не оказывает влияния на угол наклона кривых усталости и положение их точки излома. Поэтому для определения предела выносливости крупногабаритных деталей используют результаты испытаний небольших модельных образцов из тех же ма-

териалов, повторяющих форму деталей.

Структурная неоднородность металла (в том числе наличие примесей, неметаллических включений, пор и других объемных дефектов) может инициировать возникновение усталостных трещин и значительно (на порядки) снизить долговечность детали.

Качество поверхности, а именно шероховатость, поверхностные дефекты (царапины, задиры, риски и др.) снижают выносливость детали на 30–40 %.

Выносливость деталей и конструкций существенно зависит от среды, температурных режимов эксплуатации и других факторов. Если циклическим напряжениям сопутствуют коррозионные процессы, воздействие высоких температур или радиации, предел выносливости может значительно снижаться, а в ряде случаев и вовсе отсутствовать (на кривой усталости).

На рисунке 2.6 представлены кривые усталости стальных образцов, которые были испытаны при циклических знакопеременных нагрузках на воздухе (кривая 1), в минеральном масле (кривая 2) и в воде (кривая 3). Видно, что жидкая среда оказывает отрицательное влияние на предел выносливости и базовое число циклов.

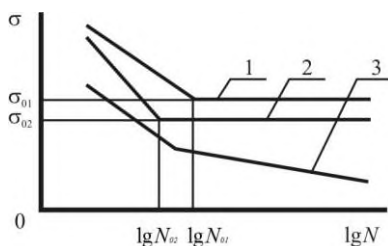


Рисунок 2.6 – Кривые усталости стальных (20Х) деталей, полученные при испытаниях в различных средах: 1 – на воздухе; 2 – в минеральном масле; 3 – в воде

При испытаниях в минеральном масле (химически инертной среде) происходит снижение предела выносливости ($\sigma_{02} \leq \sigma_{01}$) и уменьшение базового числа циклов ($N_{02} \leq N_{01}$). Снижение выносливости обусловлено следующими обстоятельствами: во-первых, проникновением молекул масла в поры и микротрещины на поверхности образца; во-вторых, их адсорбцией; в-третьих, расклинивающим действием молекул масла на стенки поверхностных микротрещин при циклических

нагрузках на образец; и, наконец, в-четвертых, ускорением процесса развития поверхностных микротрещин. Это явление получило название адсорбционно-расклинивающего эффекта (эффекта Ребиндера). При испытаниях в воде (химически активной среде) кривая усталости и вовсе вырождается из-за преобладающего влияния коррозионного разрушения металла.

Режимы нагружения и характер нагрузок при эксплуатации машины также существенно влияют на усталостную прочность ее деталей и конструкций в зависимости от свойств материала, особенностей конструкции деталей и других факторов.

3 Коррозионное разрушение деталей и конструкций. Коррозией называют постепенное поверхностное разрушение металлов и сплавов в результате

химического или электрохимического воздействия окружающей среды. Результатом воздействия является в основном окисление металлов и сплавов.

Коррозию классифицируют по следующим основным признакам:

1) *по механизму взаимодействия* материала со средой – химическая и электрохимическая;

2) *по типу коррозионной среды* – газовая, атмосферная, жидкостная и подземная;

3) *по условиям протекания коррозионного процесса* – структурная, контактная, щелевая, под механическим напряжением и фреттинг-коррозия.

В свою очередь каждый из приведенных признаков можно разделить на несколько подгрупп, что свидетельствует о многообразии и сложности коррозионных процессов.

Атмосферная коррозия наносит основной ущерб рабочим органам, металлоконструкциям и деталям путевых машин. В зависимости от степени увлажнения поверхности металла ее разделяют на *сухую, влажную и мокрую*.

Сухая атмосферная коррозия протекает на поверхности металла при наличии слоев влаги толщиной до 1 мкм (10^3 нм) и обусловлена окислением металла. В результате химического взаимодействия возникают слои окисленного металла (оксиды), толщина которых зависит от природы металла и достигает 2–4 нм. Ее влияние на работоспособность деталей и конструкций машин незначительно.

Влажная атмосферная коррозия протекает на поверхности металла при наличии высокой относительной влажности воздуха (до 98 %), которая формирует слои влаги на металле толщиной до 1 мкм и имеет электрохимический характер. Интенсивность и скорость коррозионного разрушения поверхности металла резко возрастают с увеличением толщины пленки влаги.

Мокрая атмосферная коррозия протекает в условиях капельной конденсации влаги на поверхности металла или прямого попадания осадков на поверхность металла с образованием пленок влаги толщиной более 1 мкм. Механизм разрушения при мокрой коррозии имеет электрохимический характер.

Взаимосвязь различных видов атмосферной коррозии можно проследить по рисунку 2.7. Как видно, скорость коррозионного поражения металла от толщины пленки влаги на поверхности металла носит экстремальный характер. При влажности воздуха, составляющей 50–70 % и считающейся критической, на поверхности металла формируется сплошная пленка влаги толщиной более h_k . При этом резко возрастает скорость коррозии. Дальнейшее увеличение толщины пленки сопровождается снижением концентрации раствора электролита на поверхности металла и, как следствие, уменьшением скорости его коррозионного разрушения. В результате при мокрой коррозии скорость коррозии оказывается ниже, чем при влажной.

Эта градация носит условный характер, поскольку довольно сложно выявить различия в условиях проявления различных видов атмосферной коррозии. Тем более, что в чистом виде атмосферная коррозия не встречается –

ее скорость и интенсивность в значительной степени зависят от наличия примесей в воздушной среде, окружающей путевые машины.

Атмосферная коррозия является наиболее распространенным типом электрохимической коррозии, которая наиболее активно протекает в промышленно развитых регионах. Имеются сведения о том, что скорость коррозионного изнашивания металлов в атмосфере промышленных предприятий в 5–10 раз выше, чем в сельской местности.

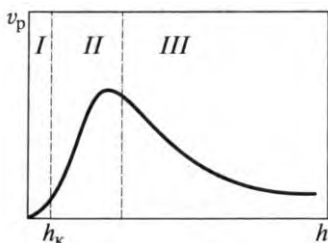


Рисунок 2.7 – Зависимость скорости разрушения металла от толщины пленки влаги на поверхности детали при воздействии атмосферной коррозии: I – сухой; II – влажной; III – мокрой

Атмосферный воздух, содержащий влагу, газообразные и пылевидные включения, является весьма агрессивной средой. Конденсируясь из воздуха на поверхностях деталей и агрегатов машин, слой влаги с растворенными в ней промышленными загрязнениями превращается в сильный электролит, вызывая электрохимическую коррозию этих поверхностей. При этом интенсивность коррозионного разрушения зависит от следующих факторов:

- 1) состава воздуха, типа и количества загрязнений;
- 2) относительной влажности воздуха и температуры, а также ее перепадов;
- 3) силовой нагрузки на детали и конструкции;
- 4) особенностей конструкции сборочных единиц, сочетания разнородных материалов в подвижных и неподвижных сопряжениях;
- 5) типа соединений (разъемных или неразъемных), качества заклепочных, болтовых и сварных соединений;
- 6) наличия полостей (открытых или закрытых) и щелей в составных элементах машины;
- 7) наличия и качества лакокрасочного или другого защитного покрытия.

Как правило, для металлоконструкций машин, эксплуатирующихся на открытом воздухе, используют две основные группы материалов. Корпусные и другие детали, не подвергающиеся постоянным или циклическим нагрузкам, изготавливают в основном из конструкционных сталей, защищенных от атмосферной коррозии лакокрасочными покрытиями. Для металлоконструкций путевых и дорожно-строительных машин, а также различных кранов желательно использовать легированные нержавеющие стали, которые также защищают лакокрасочными покрытиями. Для большинства конструкционных сталей наиболее опасной является атмосфера, содержащая примеси серы, сернистого газа, сероводорода и хлора.

Скорость коррозии сложно спрогнозировать из-за большого количества различных влияющих факторов. Значительно эффективнее предупредить коррозию деталей и узлов машин за счет:

- введения легирующих добавок в состав сплавов, повышающих их коррозионную стойкость;
- нанесения антикоррозионных покрытий;
- герметизации сопряжений, устранения зазоров и полостей;
- введения в состав смазочных материалов антикоррозионных присадок.

2.3 Методы поддержания и восстановления работоспособности

Для обеспечения требуемого или повышения существующего уровня надежности и работоспособности деталей и конструкций используют различные методы, которые целесообразно разделить на конструктивные, технологические и эксплуатационные.

Конструктивные методы предусматривают создание необходимых запасов прочности металлоконструкций, упрощение конструкции, использование стандартных деталей и узлов, обеспечение ремонтпригодности, обоснование применения методов резервирования и многое другое. К конструктивным методам повышения надежности и работоспособности относятся:

- выбор конструктивных решений сборочных единиц, узлов и агрегатов, обеспечивающих наиболее рациональную схему машины с сохранением работоспособности в широком диапазоне изменения рабочих параметров;
- совершенствование конструкции деталей, узлов и механизмов машин, их проектирование под ресурсосберегающие технологии изготовления;
- рациональная компоновка узлов и агрегатов машины, обеспечивающая необходимый уровень ремонтпригодности и упрощение технического обслуживания;
- совершенствование схем унификации и агрегатирования блоков и сборочных единиц, повышение уровня стандартизации деталей, узлов и агрегатов машины;
- выбор конструкционных материалов со стабильными и высокими физико-механическими характеристиками, расширение применения высокопрочных и высокомодульных композиционных материалов на основе полимерных, металлических и гибридных матриц и волокнистых наполнителей;
- применение триботехнических (антифрикционных и фрикционных) материалов с высокой износостойкостью и стабильными значениями коэффициента трения для деталей узлов трения машин;
- использование смазочных материалов, обеспечивающих работоспособность узлов трения машин в широком диапазоне рабочих нагрузок и скоростей.

Значительным резервом в обеспечении заданных показателей надежности является повышение точности оценки действующих при эксплуатации нагрузок и их влияния на работу различных узлов, сборочных единиц и механизмов машины.

Снижение вредного влияния изнашивания на работоспособность маши-

ны осуществляют за счет обеспечения благоприятных условий трения в узлах машин, повышения качества и упрочнения трущихся поверхностей, а также оптимизации характера внешних воздействий. К ним можно отнести реализацию трения качения вместо трения качения с проскальзыванием или вместо трения скольжения; эффективную защиту от абразивного загрязнения зубчатых и червячных передач, подшипников качения и скольжения, шарнирных соединений и опорно-поворотных устройств; замену открытых зубчатых передач закрытыми и т. п.

К триботехническим материалам узлов трения предъявляют требования повышенной износостойкости и стабильных значений коэффициента трения, что достигается высокими показателями механических характеристик, теплопроводности и теплостойкости, низким коэффициентом теплового расширения и хорошей прирабатываемостью.

На рисунке 2.8 представлены данные по влиянию упрочнения поверхностных слоев стальных деталей на интенсивность изнашивания, которые свидетельствуют о существенном снижении износа с ростом твердости стали во всём диапазоне удельных нагрузок в узле трения.

Важным требованием к выбору материалов в паре трения является исключение возможности схватывания трущихся поверхностей, что обеспечивается применением смазочных материалов.

Технологические методы повышения работоспособности связаны с упрочнением поверхностных слоев деталей механическими, термическими и химико-термическими способами, а также с нанесением упрочняющих, износостойких и коррозионностойких покрытий на детали машин.

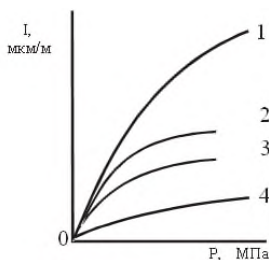


Рисунок 2.8 – Зависимость интенсивности изнашивания образцов из стали (У10) от удельной нагрузки при различных значениях твердости (HRC):
1 – 25–35 (без обработки); 2 – 35–55 (объемная закалка); 3 – 55–62 (цементация); 4 – 58–66 (нитроцементация)

Технологические методы позволяют на заключительных стадиях изготовления деталей машин повысить их прочностные характеристики (по показателям статической и усталостной прочности), износостойкость, коррозионную стойкость, жаропрочность и другие свойства.

Механическая обработка обеспечивает создание оптимального микрорельефа поверхности детали. Снижение шероховатости поверхности способствует уменьшению коэффициента трения, повышению циклической прочности и коррозионной стойкости материала детали. В результате механической обработки деталей структура их поверхностных слоев меняется и становится неод-

народной по глубине (рисунок 2.9). Различают следующие слои:

- граничный адсорбированный слой *A* (толщиной до 3 нм), представляющий собой пленку из молекул газов, влаги, смазки и загрязнений.

- оксидный слой *B* (толщиной от 0,2 до 5,0 нм), имеющий повышенную износостойкость и большую концентрацию пор и микротрещин;

- слой металла *C* (тощиной до 5000 нм) с сильно деформированной кристаллической решеткой (под влиянием высоких температур и механических нагрузок;

- слой *D* металла с исходной структурой.

Именно слой *C* является объектом поверхностного модифицирования (термического, химико-термического, термомеханического) и обеспечивает стальным деталям необходимый уровень эксплуатационных свойств, в том числе износостойкости, усталостной прочности и коррозионной стойкости.

В узлах трения в процессе приработки устанавливается оптимальная топография сопрягаемых поверхностей деталей, которая фактически не зависит от исходного микрорельефа поверхности и обусловлена конструкцией узла и условиями его эксплуатации.

Для повышения усталостной прочности и износостойкости широко используют *механические методы обработки* поверхности деталей (дробеструйную обработку, обкатывание шариками и роликами, алмазное выглаживание, дорнование и др.). В результате происходит наклеп, т. е. упрочнение поверхностных слоев металла при их пластическом деформировании, которое сопровождается изменением шероховатости поверхности. Толщина упрочненного слоя составляет 0,3–1,5 мм. При этом возрастает твердость на 20–40 % и повышается циклическая долговечность ряда деталей (зубчатых колес, осей, пружин и др.) в 2–10 раз. Износостойкость упрочненных слоев металла повышается до тех пор, пока он проявляет способность к пластическому деформированию.

Химико-термическая обработка является упрочняющей тепловой обработкой стальных изделий в химически активных средах и проводится для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев. Она позволяет повысить твердость и износостойкость, усталостную и контактную выносливость, а также коррозионную стойкость.

Покртия различного назначения (антикоррозионные, износостойкие, защитно-декоративные, специальные) являются эффективным средством расширения функциональных возможностей деталей, узлов и конструкций.

Методы повышения работоспособности при эксплуатации включают:

- контроль соответствия технических характеристик машин режимам их

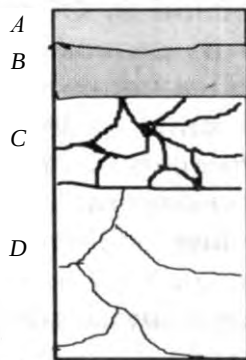


Рисунок 2.9 – Структура поверхностных слоев стали, сформированная в результате механической обработки

эксплуатации;

- совершенствование системы технического обслуживания с применением современных методов и средств технического диагностирования;

- оптимизацию организации всех видов ремонта с использованием современных ресурсосберегающих технологий восстановления деталей, узлов и агрегатов машин;

- повышение квалификации и специальное обучение обслуживающего персонала;

- применение эффективных методов восстановления работоспособности деталей с учетом их назначения, силовых нагрузок и режимов эксплуатации;

- модернизацию и совершенствование отдельных узлов и агрегатов машин при капитальном ремонте для восстановления их ресурса.

Путевые машины, которыми располагают предприятия Белорусской железной дороги, произведены за рубежами нашего отечества. Поэтому реальные возможности сохранения и даже повышения работоспособности путевых машин имеются только на стадиях эксплуатации и модернизации за счет использования организационных мероприятий и технологических методов.

Контрольные вопросы

1 Что такое работоспособность машины?

2 Дайте определения основных показателей надежности машин.

3 Что такое работоспособное, неработоспособное и предельное состояния машины?

4 Отобразите графическую зависимость между безотказностью, ремонтпригодностью и долговечностью.

5 Как определить коэффициент готовности и коэффициент технического использования машины, в чем их физический смысл?

6 Какие параметры характеризуют работоспособность машины?

7 Как связаны между собой показатели надежности и работоспособности машины?

8 Назовите основные факторы физического старения машин.

9 Классифицируйте отказы машин по основным признакам.

10 Назовите основные причины отказов узлов трения машин.

11 В каких условиях проявляются абразивное и усталостное изнашивание деталей?

12 Опишите зависимость износа от времени по кривой Лоренца.

13 Как определить ресурс детали в узле трения по кривой Лоренца?

14 Что такое предел выносливости материала?

15 Отобразите кривую Велера для различных сред испытаний.

16 Изложите сущность явления адсорбционно-расклинивающего действия жидкости на поверхности нагруженных деталей (эффект Ребиндера).

17 Назовите основные классификационные признаки коррозионного разрушения конструкций машин.

18 В каких условиях атмосферная коррозия оказывает наибольшее воздействие на конструкции машин?

19 Перечислите основные способы предупреждения атмосферной коррозии конструкций и деталей машин.

20 Перечислите основные методы повышения работоспособности машин на стадиях жизненного цикла при проектировании, изготовлении и эксплуатации.

3 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУТЕВЫХ МАШИН

Техническая эксплуатация путевых машин содержит комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на сохранение, поддержание и восстановление их работоспособности при эксплуатации. Комплексный подход включает организацию и проведение технического обслуживания и ремонта на основании результатов технического диагностирования агрегатов и узлов машин, а также научно обоснованное применение экономических и эффективных методов восстановления деталей и сборочных единиц.

Организация работ по поддержанию работоспособности и надежности машин планируется на стадии проектирования и базируется на прогнозировании потребности в профилактических мероприятиях. Их долгосрочное планирование (на год, сезон, квартал) осуществляют с использованием теории надежности, а краткосрочное – с учетом имеющихся методов и средств технической диагностики.

3.1 Нормативно-техническая документация

Нормативно-техническая документация охватывает все аспекты технической и производственной эксплуатации путевой техники. Обобщающим документом является «Информационный указатель – 2024 технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, нормативно-технических, технологических документов, применяемых и действующих на Белорусской железной дороге (по состоянию на 01.01.2024)». В нем представлены следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации:

- технические регламенты Республики Беларусь (ТР);
- технические кодексы установившейся практики Республики Беларусь (ТКП);
- межгосударственные стандарты, принятые в качестве государственных стандартов Республики Беларусь (ГОСТ);
- государственные стандарты Республики Беларусь (СТБ);
- стандарты организации, утвержденные руководством Белорусской железной дороги (СТП БЧ);
- технические условия, держателями подлинников которых являются организации, входящие в состав Белорусской железной дороги и хозяйственные общества, акции которых переданы в управление государственного объединения «Белорусская железная дорога» (ТУ).

В информационном указателе также представлены документы, разработанные специалистами Белорусской железной дороги, в том числе стандарты предприятия, технические условия, руководящие документы, правила и инструкции, методические указания и методические рекомендации, методики аттестации и проверки; документы сопредельных государств, разрешенные к применению Госстандартом Республики Беларусь; технологические документы, применяемые при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте технических средств железнодорожного транспорта.

Техническую и производственную эксплуатацию машин осуществляют, руководствуясь стандартами, техническими условиями, инструкциями по эксплуатации машин и другими документами. Общие нормативные сведения по назначению, техническим характеристикам, конструкциям, агрегатам, узлам, рабочим органам, а также по применению, техническому обслуживанию и ремонту машин дают следующие стандарты:

- ГОСТ 18322 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения»;

- ГОСТ 28.001 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения»;

- ГОСТ 2.001 «Единая система конструкторской документации. Общие положения»;

- ГОСТ 2.102 «Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов»;

- ГОСТ 2.103 «Единая система конструкторской документации. Стадии разработки»;

- ГОСТ 2.109 «Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам»;

- ГОСТ 2.601 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы»;

- ГОСТ 2.602 «Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы»;

- ГОСТ 2.604 «Единая система конструкторской документации. Чертежи ремонтные. Общие требования»;

- ГОСТ 20831 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Порядок проведения работ по оценке качества отремонтированных изделий»;

- ГОСТ 31538 «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Общие требования»;

- ГОСТ 31539 «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения»;

- ГОСТ 32211 «Машины для разборки, укладки рельсошпальной решетки и стрелочных переводов железнодорожного пути и специальные платформы к ним. Общие технические требования»;

- ГОСТ 32212 «Машины и поезда для уборки и очистки железнодорожного пути от засорителей, снега и льда. Общие технические требования»;
- ГОСТ 32213 «Машины для сварки, ремонта рельсов, рельсовых скреплений, транспортировки рельсовых плетей. Общие технические требования»;
- ГОСТ 32214 «Машины для уплотнения, выправки, подбивки, рихтовки и стабилизации железнодорожного пути. Общие технические требования»;
- ГОСТ 32215 «Машины для вырезки, очистки, дозировки балласта, оздоровления и ремонта земляного полотна. Общие технические требования»;
- ГОСТ 32216 «Специальный железнодорожный подвижной состав. Общие технические требования»;
- ГОСТ 32884 «Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава. Термины и определения»;
- ГОСТ 33020 «Машины путевые тягово-энергетические. Общие технические требования»;
- СТБ 2534 «Железнодорожный подвижной состав. Порядок продления срока службы. Общие положения».

Техническое обслуживание и ремонт специального железнодорожного подвижного состава осуществляют в соответствии со стандартами предприятия:

- СТП 09150.56.052 «Порядок эксплуатации тормозов специального железнодорожного подвижного состава на Белорусской железной дороге»;
- СТП 09150.56.092 «Требования к ремонту, обслуживанию и эксплуатации прицепного устройства машины для смены шпал SVP-74 и прицепных тележек PVK, PV»;
- СТП 09150.56.131 «Колесные пары специального подвижного состава. Осмотр, освидетельствование, ремонт, формирование»;
- СТП 09150.56.157 «Колесные пары железнодорожно-строительных машин фирмы “Плассер и Тойрер”. Осмотр, освидетельствование, ремонт, формирование»;
- СТП БЧ 56.428 «Специальный железнодорожный подвижной состав. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт».

В упомянутых документах регламентированы нормы и правила всех видов технического обслуживания и ремонта машин и их составных частей. В них рассмотрены виды и периодичность технического обслуживания, перечень работ и порядок их выполнения, сведения о возможных отказах и методах их устранения; перечень работ по ремонту, методы и порядок их проведения, сборка и регулирование составных частей, способы испытания и др.

3.2 Подготовка машин к эксплуатации

На Белорусской железной дороге эксплуатируется СПС, который производят за рубежами нашей державы. Соответственно, предприятие приписки

машины не имеет возможности управлять ее проектированием, конструированием и изготовлением на стадиях полного жизненного цикла. Такая возможность имеется только на этапе эксплуатации, включая хранение машины, ее транспортирование и собственно эксплуатацию.

С учетом отмеченной специфики важную роль в обеспечении заданного производителем уровня потребительских свойств играет ремонтпригодность машины, которая оказывает существенное влияние на такие показатели надежности, как безотказность и долговечность.

В жизненном цикле путевой машины на стадии эксплуатации поддерживают ее работоспособность, т. е. способность выполнять заданные функции в зависимости от ее назначения при строительстве, реконструкции, содержании и ремонте железнодорожного пути. Для того, чтобы в наибольшей степени реализовать качество и технический уровень машины, необходимо придерживаться правил ее эксплуатации, изложенных в нормативно-технической документации.

Назначение машины выдвигает к ней требования, которые могут различаться в зависимости от области ее применения. При этом наряду с общими требованиями к машине имеются и специальные, учитывающие ее функциональное назначение и особенности эксплуатации.

К общим требованиям относятся правила подготовки машины к эксплуатации (включая обкатку), хранения и транспортирования.

Подготовка новой машины к эксплуатации заключается в приемке машины, поступающей от предприятия-изготовителя, и ее ввода в эксплуатацию. Целью приемки является определение технического состояния и пригодности машины к использованию по назначению.

Приемка машины осуществляется комиссией, состав которой утверждает руководитель эксплуатирующей организации. По прибытии машины комиссия проводит наружный осмотр машины, проверяет исправность упаковки и наличие пломб.

После наружного осмотра всех узлов и систем машины проверяют эксплуатационно-техническую документацию согласно перечню в паспорте передаваемой машины. Представители производителя и получателя сверяют принадлежность документации передаваемой машины по заводскому номеру в паспорте и на фирменной табличке (на кабине машиниста), проверяют комплектность поставки, наличие сменного рабочего оборудования и инструмента, перечень запасных частей.

Производитель обязан провести следующие мероприятия:

- кратко проинформировать получателя в объеме раздела «ВНИМАНИЕ» инструкции по эксплуатации машины;
- показать получателю работу машины на холостом ходу без нагрузки по всем рабочим операциям и режимам, а также работу приборов безопасности, сигнализации, блокировки и контроля;

- проверить с получателем прилагаемые к машине запасные части, инструмент и принадлежности (ЗИП) на соответствие их упаковочным листам;
- проверить эксплуатационные документы: техническое описание, инструкцию по эксплуатации и паспорт.

При обнаружении некомплектности машины или наличии неисправностей составляют акт-рекламацию и предъявляют производителю для устранения обнаруженных несоответствий за счет поставщика.

Техническое описание и инструкцию по эксплуатации производитель, как правило, сводит в один документ, который содержит сведения об эксплуатационных характеристиках машины; описание устройства ее составных частей и сборочных единиц; инструкцию по монтажу и демонтажу, пуску, регулированию и обкатке машины; раздел по эксплуатации, техническому обслуживанию и текущему ремонту; ведомости ЗИП; другие материалы и инструкции. К техническому описанию и инструкции по эксплуатации как единому документу может прилагаться документация на ее составные части (комплектующие агрегаты и узлы), пневмо-, электро- и гидромашины, контрольно-измерительные приборы, приборы безопасности и сигнализации.

В паспорте содержится информация об изготовлении машины, ее техническая характеристика, чертеж общего вида с указанием основных размеров, кинематические схемы машины и ее отдельных механизмов, пневмо-, электро- и гидросхемы, технические характеристики приборов, а также другие сведения, необходимые для безопасной эксплуатации машины и ее основных частей.

Ввод машины в эксплуатацию производят приказом руководителя предприятия после нанесения опознавательной надписи. В приказе указывают подразделение, за которым закрепляют машину, и начальника машины (машиниста), отвечающего за ее эксплуатацию.

Хранение машины в нерабочий период технологически обусловлено необходимостью создания условий для обеспечения *сохраняемости* – одного из показателей надежности машины. Напомним, она характеризует свойство машины непрерывно сохранять работоспособное состояние при хранении и транспортировании. Соответственно, хранение представляет собой содержание машины в отведенном для ее размещения месте с обеспечением показателей сохраняемости.

Процесс хранения машины состоит из нескольких стадий: подготовка к хранению, установка на хранение, консервация, техническое обслуживание в период хранения, контроль условий хранения и снятие с хранения.

Различают три вида хранения: межсменное (8–16 ч), кратковременное (до 2 мес.) и долговременное (более 2 мес.).

При кратковременном и длительном хранении машины размещают в отапливаемых и неотапливаемых помещениях, под навесами и на открытых площадках в зависимости от наличия помещений на эксплуатационных базах. Имеются достаточно жесткие требования по размещению машин:

- на открытых площадках расстояние между машинами в ряду не менее 0,7 м, между рядами – не менее 0,6 м;
- в закрытых помещениях и под навесами расстояние в ряду от машин до стен не менее 0,7 м, между рядами – не менее 1,0 м.

При хранении в закрытых помещениях в зимнее время поддерживают температуру не менее 5 °С.

Межсменное хранение осуществляют на предприятии приписки или по месту работы машины, например, на временной базе, находящейся вблизи места производства путевых работ в режиме технологического «окна».

При подготовке к межсменному хранению выполняют следующие операции:

- элементы системы управления (педали, рычаги и др.) устанавливают в положение, которое исключает их произвольное перемещение и включение механизмов;
- сливные устройства оставляют открытыми для свободного выхода конденсата;
- капоты и дверцы кабин закрывают;
- аккумуляторные батареи отключают и проверяют плотность электролита;
- машины оставляют комплектными без снятия агрегатов и узлов.

Кратковременное хранение осуществляют на эксплуатационной базе предприятия приписки машины.

При подготовке к кратковременному хранению выполняют следующие операции:

- проводят очередное техобслуживание;
- восстанавливают поврежденную окраску всех окрашенных поверхностей, предварительно очистив и обезжирив места с поврежденной окраской от ржавчины и грязи;
- все неокрашенные поверхности очищают, смазывают консистентной смазкой и консервируют (обертывают пергаментной бумагой и обвязывают шнуром);
- осматривают замки и петли дверей и люков кабины, ящиков для запасного инструмента (ЗИП), устраняют обнаруженные неисправности;
- проверяют состояние электропроводки и контактных соединений, восстанавливают поврежденную изоляцию;
- проверяют приборы освещения, консервируют стекла кабины и фар, приклеивая на их поверхности парафинированную или пергаментную бумагу при помощи консистентной смазки, не допускают попадания смазки на резиновые уплотнения и замки стекол;
- заполняют картеры редукторов сезонными смазочными материалами, заполняют баки гидросистемы сезонной рабочей жидкостью;
- по окончании консервации пломбируют двери кабины и ящики с ЗИП.

При снятии машины с кратковременного хранения выполняют следующие действия:

- проводят расконсервацию машины и рабочего оборудования, снимают пломбы с дверей, окон и люков, расконсервируют ящик ЗИП;
- очищают обработанные ранее поверхности машины и ее элементов от консистентной смазки;
- расконсервируют и очищают от консистентной смазки стекла кабины и фар;
- проводят ежесменное техническое обслуживание;
- проверяют вхолостую работу всех механизмов, агрегатов и узлов машины, а также приборов освещения и сигнализации.

Длительное (долговременное) хранение машины осуществляют на эксплуатационной базе предприятия приписки машины.

При подготовке к длительному хранению проводят очередное техобслуживание машины (при необходимости сезонное), а также все перечисленные работы по подготовке машины к кратковременному хранению.

Кроме того, в состав работ по подготовке к длительному хранению входят дополнительные мероприятия по консервации машины. В их числе наружная очистка и мойка машины, доставка к месту консервации, замена масел и смазок, снятие сборочных единиц и деталей, нанесение защитных покрытий, герметизация.

Для предотвращения коррозии при консервации машины проводят следующие работы:

- 1) очищают от грязи и ржавчины все детали;
- 2) красят тяги, рычаги, кронштейны и др.;
- 3) смазывают консистентной смазкой оси и шарнирные соединения;
- 4) очищают гидроцилиндры и другие элементы привода рабочих органов после разборки, смазывают консистентной смазкой неокрашенные поверхности;
- 5) разбирают привод топливopодачи, очищают все детали, смазывают консистентной смазкой и собирают привод;
- 6) очищают шкивы тормозов, окрашивают их бесцветным лаком и прокладывают парафинированную бумагу между колодками, лентами и шкивами.

При снятии машины с длительного хранения выполняют все работы по ее снятию с кратковременного хранения и проводят внеочередное техническое освидетельствование. При обкатке вхолостую и под нагрузкой проверяют качество сборки, надежность креплений, соединений и уплотнений, нагрев подшипников (не более 50 °С при консистентной смазке и не более 80 °С – при жидкой), равномерность шума и стука, легкость переключения передач, надежность установки рычагов в фиксированных положениях. На реверсивной передаче обкатку производят в обоих направлениях. По окончании обкатки масло сливают и заливают свежее в соответствии с картой смазки, которая приведена в инструкции по эксплуатации машины.

Транспортирование. Для обеспечения сохраняемости машины необходимо создать условия для технически безопасного (как для машины, так и для окружающей среды) и экономически выгодного перемещения машины к месту приписки, с одного объекта работы к другому, а также на ремонтное предприятие и обратно. Способ транспортирования зависит от типа и состояния (рабочего или нерабочего) специального подвижного состава, к которому относится путевая техника – самоходный или несамоходный состав.

ССПС, оборудованный радиосвязью, АЛСН, КЛУБ или другой системой безопасности движения, может следовать своим ходом как поезд.

СПС, не оборудованный системой безопасности движения, может следовать с отдельным локомотивом или другой самоходной машиной, оборудованной системой безопасности движения, или в составе хозяйственного поезда.

СПС в рабочем состоянии перемещают либо самостоятельным ходом, либо с отдельным локомотивом. В последнем случае машины перемещают с малой скоростью (до 25 км/ч) и на небольшие расстояния.

ССПС в нерабочем состоянии и НСПС перемещают по железной дороге в составе поезда. При этом путевые машины, краны и другие машины на железнодорожном ходу могут быть включены в состав поезда, если их ходовые части, сцепное и тормозное оборудование удовлетворяют требованиям, предъявляемым к подвижному составу, включаемому в состав поезда. Перед транспортированием машины подготавливают ее составные части: закрепляют рабочие органы, затормаживают механизмы, проверяют ходовую часть, осматривают буксы и др.

ССПС приводят в транспортное положение в соответствии с руководством по эксплуатации, обеспечив вписывание машины в габарит 1-Г (ГОСТ 9238). Поэтому тяжелые путевые машины (щебнеочистительные машины, звеньевые путеукладчики, струги-снегоочистители, погрузочные краны для рельсовых звеньев и др.) требуют частичной разборки при подготовке к транспортированию.

Напомним, что габаритом (от франц. *gabarit*) путевой машины на железной дороге считают ее предельные внешние очертания, которые определяют возможность безопасного перемещения по железнодорожному пути. Транспортирование путевой машины в составе поезда или отдельно, а также проведение путевых работ возможны только при соблюдении габаритов.

Важным фактором обеспечения заданного ресурса пути является силовая нагрузка на рельсы, которую характеризует развеска машины, т. е. распределение осевых нагрузок между ее колесными парами на рельсы в рабочем или транспортном режимах. На отечественной железной дороге статическая осевая нагрузка в транспортном состоянии не должна превышать 228–245 кН. Подавляющее большинство путевых машин удовлетворяет этим требованиям. Однако при работе некоторых тяжелых путевых машин (путеукладчиков, ВПО-3000) осевые нагрузки достигают 330 кН, что определяет их движение с малой рабочей скоростью или стоянку на месте.

3.3 Виды и методы технического обслуживания и ремонта

На стадии эксплуатации сохранение (а в некоторых случаях и повышение) надежности и работоспособности, заложенных при проектировании машины и реализованных при изготовлении, осуществляют организационными мероприятиями и технологическими методами.

Организационные мероприятия включают:

- контроль соответствия технических характеристик машин режимам их эксплуатации;
- совершенствование системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машин;
- развитие системы технического обслуживания и ремонта по фактическому техническому состоянию машин;
- оптимизацию организации технического обслуживания и ремонта машин, в т. ч. применение современных методов и средств технического диагностирования;
- совершенствование организации ремонта типовых деталей и механизмов машин;
- расширение сервисного технического обслуживания и ремонта;
- повышение квалификации обслуживающего персонала.

Технологические методы повышения надежности и работоспособности машин путем восстановления деталей машин, упрочнения и повышения их износостойкости включают:

- удаление материала с дефектной поверхности детали путем механической обработки (обточкой, фрезерованием, шлифованием);
- наращивание на изношенную поверхность детали другого материала (наплавкой металлических материалов, напылением металлических и полимерных покрытий, электрохимическим осаждением металлических покрытий);
- перемещение материала детали с нерабочего участка к рабочему посредством пластической деформации (осадкой, раздачей, вытяжкой и накаткой);
- восстановление целостности тела детали (сваркой, пайкой и склеиванием);
- восстановление относительного положения поверхностей детали в пространстве (статическим нагружением, чеканкой, местным нагревом).

Имеются следующие данные (на примере дорожно-строительных машин), дающие представление о причинах их поступления в ремонт [20]:

- в результате плановой безаварийной эксплуатации – 80–85 %;
- из-за внезапного изменения технического состояния – до 10 %;
- в результате аварий – 5–8 %.

Как видно из приведенных данных, в подавляющем большинстве случаев (до 95 %) машины поступают в ремонт в плановом порядке, т. е. либо по заранее предусмотренному плану, либо по фактическому техническому состоянию. Внеплановый ремонт проводят для устранения внезапных отказов

и результатов аварийных ситуаций. Классификация различных систем технического обслуживания и ремонта представлена на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Различные схемы технического обслуживания и ремонта машин

Система технического обслуживания и ремонта включает средства для проведения технического обслуживания и ремонта, нормативно-техническую документацию, регламентирующую объемы и периодичность операций, а также обслуживающий персонал, которые в совокупности обеспечивают поддержание и восстановление исправности и работоспособности машин.

Основой обеспечения надежности функционирования машины является ее эксплуатация в соответствии с нормативно-технической документацией с точным соблюдением требований и рекомендаций, изложенных в руководствах по эксплуатации, которые подготовлены разработчиками на базе статистических исследований накопленного опыта.

Машина в процессе эксплуатации утрачивает свои первоначальные функциональные и параметрические характеристики. Поэтому бессмысленно пытаться достичь абсолютной надежности ее элементов. Гораздо более экономичной является реализация оптимальной надежности. Для этого при проектировании машины выявляют оптимальное распределение финансов, которые следует затратить на создание машины и на ее эксплуатацию, включая техническое обслуживание и ремонт.

По данным работы [14], в которой обобщены результаты анализа эффективности эксплуатации высокопроизводительных машин (Duomatic, Unimat, ДСП, УК-25, УК-25СП, ВПР, ВПРС, ЩОМ и др.) на российских железных дорогах, эти машины находились в простое 35 % времени (785 машинодней). При этом основные причины простоев – это организационные и технические (в частности, соотношение организационных и технических причин составило три к двум). Анализ отказов узлов, агрегатов и систем путевых машин (таблица 3.1) показывает отсутствие закономерностей распределения отказов составных частей в зависимости от назначения машины.

Таким образом, по своей эксплуатационной надежности машины не в полной мере соответствуют напряженному графику путевых работ. Это

можно связать с низкой эффективностью профилактических мероприятий по техобслуживанию, предусмотренных инструкциями по эксплуатации машин. При этом затраты на техническое обслуживание и ремонт путевых машин в процессе их эксплуатации составляют до 40–50 % себестоимости машиносмены. Такие большие цифры обусловлены как несовершенством методов технического обслуживания и ремонта, так и недостатками самой системы планово-предупредительных ремонтов, которая не устанавливает связи между объемом, периодичностью ремонтов, с одной стороны, и фактическим состоянием узлов машины – с другой.

Таблица 3.1 – Распределение отказов по узлам и агрегатам путевых машин

В процентах

Тип машины	Приборы безопасности	Силовая установка	Трансмиссия	Ходовая часть	Гидрооборудование	Электрооборудование	Рабочие органы	Система управления
ЩОМ, СЧ	–	–	–	–	28,1	11,3	51,4	–
ПМГ	6,54	11,8	9,4	3,7	19,4	33,7	15,2	–
ВПр, ВПРС	3,32	3,31	15,8	1,8	28,7	13,3	25,6	18,6
ДСП	2,43	2,14	63,0	39,0	12,6	3,4	6,3	–
УТМ, ТЭУ, ПТМ	–	44,2	–	–	–	56,1	–	–
СЗП	–	–	–	1,0	15,3	73,1	11,2	–
МКТ	–	–	11,2	–	65,2	25,6	–	–
СЗ	–	11,3	8,7	–	15,5	76,1	1,8	–

Существенную роль в увеличении эксплуатационных расходов играет физическое старение машин. По данным ВНИИЖТа, годовая выработка машин на российских железных дорогах на 6–7-й год эксплуатации (т. е. перед капитальным ремонтом) снижается на 20–30 %, а через 4–5 лет после капремонта – еще на 25–35 %. При этом капитальный ремонт позволяет восстановить ресурс машин только до 80–85 %. Соответственно, уменьшение числа физически устаревших машин позволит значительно снизить эксплуатационные расходы в путевом хозяйстве и ускорить внедрение ресурсосберегающих технологий в систему ППР.

Техническое обслуживание обеспечивает поддержание работоспособности машин, а ремонт – восстановление их работоспособности на этапе эксплуатации жизненного цикла. Один из вариантов экономического обоснования эффективности восстановления работоспособности машин состоит в балансе затрат на техническое обслуживание и ремонт (что соответствует точке А: $C_{то} \approx C_{рем}$). Возможны и другие варианты соотношения затрат в зависимости от сложности конструкции и эксплуатации машин.

Внешний уход состоит в очистке поверхностей машины и ее составных частей от загрязнений, которые ухудшают работу машины, затрудняют условия труда обслуживающего персонала и препятствуют выполнению последующих операций техобслуживания. Состав и объем работ по внешнему уходу зависят от назначения машины и вида техобслуживания или ремонта.

Техническое диагностирование – это определение технического состояния объекта (в нашем случае – машины и ее составных частей) в соответствии с рекомендациями межгосударственного стандарта (ГОСТ 20911 «Техническая диагностика. Термины и определения»). Согласно этому стандарту задачами технического диагностирования являются контроль технического состояния объекта, поиск места и определение причин отказа (неисправности) и прогнозирование технического состояния объекта. По существу, техническое диагностирование машины – это определение ее технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации без разборки узлов и агрегатов. Оно не оказывает непосредственного влияния на техническое состояние машины и ее составных частей, но позволяет снизить затраты и обеспечить более высокое качество технического обслуживания и ремонта. На отечественной дороге руководствуются «Методикой технического диагностирования специального железнодорожного подвижного состава с целью продления срока службы» (приказ № 211 НЗ от 15.03.2021).

Следует отметить существенную экономическую значимость профилактически-ремонтных работ. В целом затраты на техническое обслуживание и ремонт путевых машин достигают 40–50 % себестоимости машиносмены. Более того, старение парка путевых машин существенно влияет на их эксплуатацию, т. е. на эффективность эксплуатации. Поэтому возможность снижения затрат является актуальной проблемой системы технического обслуживания и ремонта путевых машин.

Техническое диагностирование следует проводить как при вводе машины в эксплуатацию, так и при всех видах техобслуживания и ремонта. В настоящее время его эффективность определяется в основном технико-экономическими возможностями предприятия приписки, но не жизненно важной необходимостью этой операции при техобслуживании современных путевых машин.

Эффективность техобслуживания зависит от точности диагноза технического состояния машины, которая связана с внедрением современных методов и средств диагностирования в практику профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

Диагностирование является важной частью системы технического обслуживания и ремонта машин, обеспечивая ресурсосбережение при проведении этих работ по фактическому техническому состоянию машин. На ос-

новании контроля соответствия значений параметров машины требованиям технической документации определяют вид технического состояния машины в данный момент времени (исправное или неисправное, работоспособное или неработоспособное). Анализируя техническое состояние машины и результаты диагностирования, определяют вид и объемы работ по техобслуживанию и ремонту машин и их сборочных единиц, а также осуществляют контроль за устранением обнаруженных неисправностей.

Визуальный осмотр является начальным этапом диагностирования, который дает качественную характеристику состояния машины и ее сборочных единиц. При этом выявляют видимые повреждения несущих металлоконструкций рабочих органов, состояние привода (по наличию вибрации, шума, задымленности, перегрева и т. п.), состояние уплотнений и креплений (по подтеканию рабочих жидкостей) и прочее. В результате внешнего осмотра обнаруживают такие дефекты металлоконструкций рабочего оборудования, как прогибы, скручивания, пробойны, трещины, износ и задиры поверхностей посадочных отверстий; в корпусных деталях – пробойны, обломы и изломы, трещины в стенках и в сварных швах, коробления; в ходовых системах – обломы и трещины в ребрах колес, износ реборд и поверхностей качения; в зубчатых передачах трансмиссий – изломы, изгибы и износ валов, обломы, выкрашивания и трещины на зубьях, их износ по толщине, а также другие видимые дефекты сопряжений в системе «вал – отверстие», шлицевых и шпоночных соединений, резьбовых и конических соединений и др. Таким образом, к качественным относят признаки, для которых имеет значение сам факт их наличия независимо от размеров.

Инструментальное диагностирование, которое проводят вслед за осмотром, осуществляют с помощью внешних и встроенных средств диагностирования. В результате определяют параметры (прямые и косвенные) технического состояния машины и ее сборочных единиц, измеряют их показатели и сравнивают со значениями параметров, установленных нормативно-технической документацией. Если фактические значения параметров не соответствуют паспортным данным (нормативным характеристикам), диагностируемый объект подлежит регулировке или замене. Таким образом, к количественным относят признаки, для которых важно их численное значение.

Как правило, для оценки технического состояния машины и ее сборочных единиц без разборки машины используются такие параметры, как расход топлива, эффективная мощность, давление рабочей жидкости и температура масла, уровень вибрации и шума, загазованность и др.

Актуальность активного использования современных диагностических средств обусловлена снижением стоимости проверки основных агрегатов машин на 70–75 % по сравнению с традиционными способами с частичной разборкой узлов и агрегатов. Кроме того, диагностирование способствует повышению коэффициента технической готовности k_T (в среднем с 0,65 до

0,85) за счет уменьшения времени простоев при техническом обслуживании и ремонте. Как результат, проведение профилактических ремонтных мероприятий в соответствии с их действительной потребностью на основании результатов диагностики существенно снижает затраты на ремонт по сравнению с профилактикой по плановой наработке.

Устранение отклонений параметров технического состояния, которые могут быть причиной отказов узлов и агрегатов машины, проводят на основании результатов технического диагностирования. Для предупреждения отказов проводят соответствующие величинам отклонений мероприятия. В их числе регулировочные и крепежные операции, заправочные и смазочные работы, а также замена неисправных деталей, узлов и агрегатов машины.

Регулировочные и крепежные операции обеспечивают устранение незначительных отклонений параметров технического состояния узлов и агрегатов. Заправочные и смазочные работы, не требующие значительной трудоемкости при их осуществлении, способствуют сохранению работоспособности узлов, агрегатов и систем машин. Все эти относительно несложные работы проводит, как правило, экипаж машины. Устранение неисправностей и отказов, а также замену неисправных деталей, узлов и агрегатов машины осуществляют в рамках техобслуживания на предприятии приписки машины при наличии квалифицированного персонала и необходимого оборудования. Более сложные работы по устранению отказов осуществляют в рамках ремонтных мероприятий.

Проверку работоспособности машины после операций техобслуживания осуществляют, оценивая значения параметров узлов, систем и агрегатов машины и сопоставляя их с параметрами, заложенными в нормативно-технических документах.

В целом техническое обслуживание характеризуют периодичность и цикл.

Периодичность технического обслуживания машины – это ее наработка (или время) между двумя последовательно проводимыми техническими обслуживаниями с учетом требований нормативно-технической документации.

Цикл технического обслуживания машины – это наработка (или наименьший период времени), в течение которой выполняют в заданной последовательности все виды технического обслуживания, предусмотренные нормативно-технической документацией.

Таким образом, все виды технического обслуживания машин, как правило, проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации машин на предприятии их приписки.

Техническое обслуживание классифицируют по следующим основным признакам:

1) *по виду* – ежесменное (ЕТО), номерное периодическое (ТО) и сезонное (СТО);

2) *по месту нахождения машины* – на предприятии приписки и по месту работы машины;

3) *по методу выполнения* – на специализированных постах, на универсальных постах и на потоке;

4) *по объему и составу работ по периодическому техобслуживанию* – ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

5) *по организации работ* – силами экипажа машины, объединенными силами экипажа и ремонтной службы, силами специализированной ремонтной службы;

6) *по централизации производства работ* – централизованное, частично централизованное и децентрализованное.

Работоспособность подавляющего большинства путевых машин на Белорусской железной дороге обеспечивает система ППР, разработанная с учетом рекомендаций и требований упомянутого стандарта предприятия СТП БЧ 56.428.

Плановый характер системы включает: во-первых, плановое проведение технического обслуживания, что обеспечивает предупреждение аварийных отказов машин и регулярное получение информации об их техническом состоянии; во-вторых, планируемые наработки машин, межремонтные сроки и объемы ремонтных работ, что способствует организации ритмичной работы ремонтных служб.

Предупредительный характер системы состоит в том, что она позволяет произвести ремонт до наступления интенсивного износа деталей и узлов и достижения предельного состояния машины в целом.

Как было отмечено, в системе ППР для СПС предусмотрены следующие виды технического обслуживания: *ежесменное*, номерные периодические обслуживания – ТО-1 (если оно указано в руководстве по эксплуатации), ТО-2, ТО-3 (если оно указано в руководстве по эксплуатации), ТО-800 (если оно указано в руководстве по эксплуатации), а также сезонное.

В состав **ЕТО** входят заправка и смазка машины, проверка крепления узлов и деталей, контрольный осмотр с проверкой исправности двигателя, рабочих органов, ходовой системы, тормозов, механизмов управления, гидравлической, электрической и пневматической систем, освещения и др. Ежесменное техобслуживание проводит обслуживающий персонал до начала работы, в течение смены и после работы.

В состав **ТО**, которые различаются объемом, составом и трудоемкостью работ, входят внешний уход за машиной, осмотр и контроль технического состояния узлов и агрегатов, регулировка рабочих органов, контроль и регулировка гидравлической, электрической и пневматической систем управления, крепежные работы, смазка, замена рабочих жидкостей и др.

СТО, зависящее от температуры окружающей среды, как правило, совмещают с проведением очередного планового техобслуживания. При этом

выполняют мелкие ремонтные работы, производят замену рабочих жидкостей, осуществляют контроль и регулировку агрегатов, узлов и системы управления.

Проверку готовности СПС к сезону осуществляют при проведении **КТО**. Его осуществляют для круглогодично работающих машин два раза в год после выполнения работ по СТО или ТО, а для машин, работающих сезонно, – раз в год после проведения СТО.

При рассмотрении вопросов, связанных с совершенствованием технического обслуживания, определяют оптимальное сочетание таких характеристик, как периодичность и объем профилактических работ, число специалистов и время проведения с учетом стоимости технического обслуживания и числа отказов после проведения этих работ. Совершенствование системы технического обслуживания заключается в улучшении показателей, характеризующих его эффективность. К ним относятся трудоемкость (затраты труда на выполнение, чел·ч) и продолжительность техобслуживания (время его проведения, ч).

В процессе эксплуатации машины происходит физическое старение агрегатов, узлов и деталей машины, она постепенно утрачивает свои первоначальные функциональные и параметрические характеристики даже при планово-предупредительной системе проведения профилактических работ. Дальнейшая эксплуатация машины становится технически и экономически нецелесообразной, и возникает необходимость выполнения ремонтных операций.

Ремонт (от франц. *remonte* – чинить) называют комплекс работ по восстановлению исправности или работоспособности машины. Он включает совокупность организационных, технических и технологических мероприятий по устранению отказов, направленных на восстановление исправности или работоспособности машины в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Целью ремонта является не только поддержание работоспособности, но и удлинение этапа эксплуатации жизненного цикла машины за счет поддержания и восстановления ее ресурса. Объемы ремонтных работ зависят от многих факторов, в числе которых качество технического обслуживания, конструктивные особенности машины, условия эксплуатации и управления машиной. Его характеризуют несколько показателей.

Периодичность ремонта машины – это ее наработка (или время) между двумя последовательно проводимыми видами ремонта с учетом требований нормативно-технической документации.

Ремонтный цикл – это наработка (или наименьший период времени), в течение которой осуществляют в заданной последовательности все виды ремонта, предусмотренные нормативно-технической документацией.

Ремонт путевых машин классифицируют по следующим признакам:

1) *по планированию проведения* – плановый, внеплановый и по фактическому техническому состоянию;

2) *по степени восстановления* – текущий, средний, капитальный и капитально-восстановительный;

3) *по сохранению принадлежности ремонтируемых деталей и агрегатов* – обезличенный и необезличенный;

3) *по типу специализации работ* – на универсальных и специализированных постах;

4) *по форме организации работ* – индивидуальный (тупиковый), поточный и агрегатный;

5) *по структуре ремонтного предприятия* – осуществляемый заводом-изготовителем, специализированным ремонтным предприятием, предприятием-потребителем.

Технологический процесс ремонта состоит из операций, выполняемых в заданной последовательности для обеспечения высокого качества восстановления машины с наименьшими затратами ресурсов. В свою очередь он является частью производственного процесса, который представляет собой совокупность организационных, технических и технологических мероприятий, направленных на восстановление работоспособности или ресурса машины в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Как было отмечено, основными видами ремонта путевых машин на Белорусской железной дороге в зависимости от степени восстановления их ресурса являются текущий (Т), средний (С), капитальный (К) и капитально-восстановительный (КВР).

Текущий ремонт – это ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности СПС и состоящий в восстановлении или замене отдельных деталей, узлов и агрегатов. Проводят Т в организации приписки СПС по эксплуатационной документации с привлечением (в необходимых случаях) специалистов локомотивных и вагонных депо, дистанций сигнализации и связи. При Т осуществляют частичную разборку машины, производят дефектацию деталей и узлов, заменяют отдельные изношенные узлы и детали (кроме базовых) новыми или ранее отремонтированными, а также проводят необходимые регулировочные и сопутствующие профилактические работы.

Средний ремонт осуществляют для поддержания работоспособности СПС и частичного восстановления его ресурса после замены или ремонта изношенных деталей, узлов и агрегатов. Его выполняют в объеме, установленном в ремонтных документах. При среднем ремонте производят частичную разборку машины, проверку всех агрегатов, узлов и систем, дефектацию и ремонт неисправных агрегатов и узлов, капитальный ремонт отдельных агрегатов и рабочих органов, а также проводят сопутствующие профилактические работы.

Капитальный ремонт проводят для восстановления исправности СПС и полного восстановления ресурса с заменой или восстановлением любых агрегатов и узлов, включая базовые. При этом обновленный ресурс должен составлять не менее 80 % ресурса новой машины. Машину (или ее агрегат) направляют на капитальный ремонт на основании результатов оценки ее

технического состояния с учетом наработки с момента начала ее эксплуатации. При этом учитывают стоимость израсходованных запасных частей и других затрат на текущий ремонт. При капитальном ремонте производят полную разборку машины, заменяют все неисправные или требующие ремонта узлы, агрегаты и детали, включая базовые.

Капитально-восстановительный ремонт – это ремонт с продлением срока полезного использования СПС, который проводят по истечении срока использования путевой техники. При капитально-восстановительном ремонте помимо работ, выполняемых при капитальном ремонте, дополнительно проводят инструментальные измерения несущих конструкций машины.

Контрольно-технический осмотр осуществляют для проверки готовности СПС к сезону.

Трудоемкость профилактических и ремонтно-восстановительных работ, а также последовательность, объем и характер их исполнения зависят от наличия в машинах однотипных силовых установок и агрегатов, блочно-модульных конструкций, а также унифицированных деталей и конструктивных элементов.

Трудоемкость технического обслуживания – это трудозатраты на проведение одного технического обслуживания машины. Она зависит от ремонтно-пригодности (легкоосъемности, контролепригодности, доступности и др.) машины, а также от организации и технологии ремонтно-профилактических работ на предприятии приписки (степени механизации рабочих мест, специализации постов обслуживания, наличия диагностического оборудования и др.).

Для определения трудоемкости технического обслуживания новой или модернизированной машины, по которой отсутствует необходимая информация, можно воспользоваться методом подобия. Напомним, что его сущность состоит в том, что основные параметры двух машин одинакового назначения (при схожих конструктивной и кинематической схемах) связаны простыми соотношениями:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{A_1}{A_2} = \sqrt[3]{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt[3]{\frac{N_1}{N_2}} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}}, \quad (3.1)$$

где T – трудоемкость техобслуживания машины, чел·ч;

A – линейный размер детали, конструкции или сборочной единицы, м;

m – масса машины, т;

N – мощность силовой установки, кВт;

q – объем (вместимость) рабочего органа, м³.

На основании этих соотношений можно получить формулы вида

$$A_1 = A_2 \sqrt[3]{\frac{m_1}{m_2}} = k_p A_2, \quad (3.2)$$

где $k_p = \sqrt[3]{\frac{m_1}{m_2}}$ – коэффициент пропорциональности.

С учетом приведенных соотношений трудоемкость техобслуживания рассматриваемой машины T_p можно определить, зная подобную характеристику машины-аналога:

$$T_p = T_a \sqrt[3]{\frac{m_p}{m_a}}, \quad (3.3)$$

где T_a – трудоемкость техобслуживания машины-аналога, чел·ч;
 m_p , m_a – масса рассматриваемой машины и машины-аналога, т.

Подобным образом с помощью формул (3.1) и (3.2) можно определить трудоемкость различных видов ремонта (среднего или капитального) изучаемой машины, зная соответствующую характеристику машины-аналога.

В общем случае в процессе эксплуатации машины ее технические характеристики снижаются, ухудшается качество производимых работ и уменьшается эксплуатационная производительность. В результате машина достигает предельного состояния и становится непригодной для дальнейшей эксплуатации. При ремонте в машину вкладываются и расходуются дополнительные экономические ресурсы (ΔC), в результате чего частично или полностью восстанавливаются ее потребительские свойства (ΔG). На рисунке 3.2 в общем виде представлены кинетические зависимости экономических показателей (включая расходы на ремонт) и потребительских характеристик машины [25].

При эксплуатации машины потребность в ремонтных работах увеличивается, как и рост затрат на их выполнение. При этом может наступить такой момент, когда расходы на поддержание машины в работоспособном состоянии, включая ремонт, могут превысить экономию, достигаемую за счет сокращения отчислений на амортизацию. В этом случае при определении экономически оправданного срока службы машины учитывают два основных фактора: во-первых, экономическое обесценивание в процессе эксплуатации; во-вторых, увеличение расходов на поддержание работоспособного состояния машины.

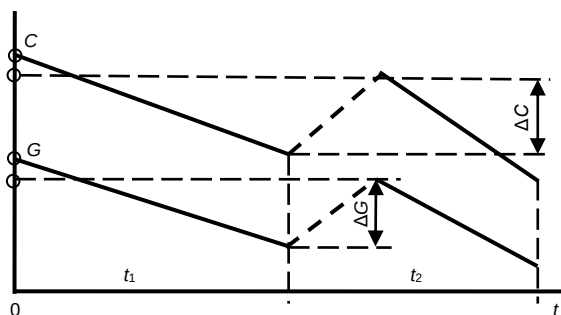


Рисунок 3.2 – Зависимость экономических показателей (C) и потребительских свойств (G) машины от времени наработки:
 t_1 , t_2 – наработка до первого и второго ремонтов

Как известно, конкурентоспособность машины на современном рынке обусловлена высоким уровнем безопасности (в том числе экологической) и эргономики, повышенной надежностью узлов и агрегатов, низкими удельными показателями энерго- и металлоемкости, автоматизацией технологического процесса и высоким качеством производимых работ. Поэтому можно предположить, что рост начальной стоимости машины при всех прочих равных условиях должен обеспечивать увеличение срока ее службы.

Реализация профилактически-ремонтных мероприятий зависит от структуры и технических возможностей ремонтного производства. Наличие у потребителей машиностроительной продукции различной по назначению и сложности конструкции техники, а также спрос на ее обслуживание и ремонт сформировали широкий круг ремонтных предприятий или ремонтных служб с различной формой собственности. Наряду с предприятиями, продолжающими реализовывать планово-предупредительную систему технического обслуживания и ремонта собственными силами, имеются самостоятельные ремонтные организации, которые осуществляют продажу и реализацию различных видов технического обслуживания и ремонта.

Наиболее ответственным этапом технической эксплуатации машин является гарантийный период, в течение которого производитель обязан осуществлять мониторинг их технического состояния. В этот период закладываются основы правильной эксплуатации машин обслуживающим персоналом предприятия-потребителя. Представители производителя осуществляют профилактические осмотры агрегатов и узлов (вместе с представителями потребителя), устраняют недостатки, обнаруженные в ходе эксплуатации машин, осуществляют замену неисправных сборочных единиц и обеспечивают снабжение запасными частями, а также принимают участие в подготовке специалистов из числа обслуживающего персонала. При этом они контролируют проведение технического обслуживания по графику, срокам и объемам, предусмотренным инструкциями по эксплуатации машины.

Производитель при наличии договора по сервисному обслуживанию машин на постгарантийный период осуществляет их планово-предупредительные осмотры и техническое обслуживание, проводит текущий, средний и капитальный ремонты, оказывает помощь в снабжении запасными частями, осуществляет модернизацию и продолжает обучение обслуживающего персонала машин.

При отсутствии обязательств производителя машин по их сервисному обслуживанию предприятие-потребитель осуществляет постгарантийную техническую эксплуатацию машин самостоятельно или с привлечением (в случае необходимости) специализированных ремонтных предприятий. В их числе предприятия, специализирующиеся по видам ремонта или по маркам (моделям) машин, а также частные ремонтные мастерские, выполняющие ремонт в небольших объемах.

Техническое обслуживание путевых машин осуществляют на предприятии их приписки в зависимости от сложности и трудоемкости работ по-разному: во-первых, только силами экипажа машины; во-вторых, совместными действиями экипажа и специалистов ремонтных мастерских предприятия; в-третьих, только силами специалистов ремонтной службы предприятия. Если экипаж обладает достаточно высоким уровнем квалификации, то для относительно несложных машин при наличии необходимого набора приборов, инструмента и приспособлений члены экипажа проводят работы по техобслуживанию машины самостоятельно. В более сложных случаях члены экипажа выполняют трудоемкие, но относительно простые операции, а специалисты мастерских – наиболее сложные и ответственные. И наконец, при необходимости проведения ответственных инструментальных методов анализа и диагностирования привлекают только специалистов ремонтной службы предприятия.

Основные системы технического обслуживания и ремонта. Существует несколько подходов к организации технического обслуживания и ремонта.

Первый и наиболее простой подход, имеющий глубокие исторические корни, состоит в проведении ремонтных работ после поломки узла или механизма машины с прекращением ее эксплуатации. В настоящее время его используют, как правило, при эксплуатации относительно простых механизмов, техобслуживание и ремонт которых обходится дороже, чем их замена, при наличии соответствующего резервного фонда запасных частей.

Более эффективными являются другие, современные подходы, действующие на территории постсоветского пространства.

Подход, связанный с плановым техобслуживанием и ремонтом, т. е. **система планово-предупредительного ремонта (ППР)**, сложился в те времена, когда не существовало методов и средств, способных провести диагностирование и неразрушающий контроль без разборки узлов и агрегатов машин. Поэтому осуществляли планово-предупредительный ремонт с их разборкой и последующей дефектоскопией доступными на тот момент средствами измерений. Система ППР предусматривает выполнение (в плановом порядке) комплекса профилактически-ремонтных мероприятий, состав, время и порядок которых жестко регламентированы, для поддержания работоспособности и восстановления ресурса машин.

Ремонт по плановой наработке предполагает замену агрегатов и узлов машины, часто не полностью израсходовавших свой ресурс, что обусловлено отсутствием прямой связи между фактическим состоянием машины и характеристиками ремонтно-профилактических воздействий. Это обусловлено тем, что прогнозирование отказов базируется на сведениях по нормированной наработке на отказ основных узлов и агрегатов машины, не принимая во внимание их фактическое состояние. Как показывают результаты

исследований [20], плановая замена агрегатов машин обеспечивает реализацию заложенного при проектировании ресурса только на 40–60 %. Естественно, что большой неиспользованный остаточный ресурс существенно снижает эффективность технической эксплуатации машин.

Однако следует обратить внимание на специфику эксплуатации СПС на нашей железной дороге: в ряде случаев стоимость издержек при отказе машины в режиме работы в «окно» значительно превосходит стоимость профилактического ремонта в системе ППР.

Тяжелые условия эксплуатации и в ряде случаев форсированные режимы работы многих типов путевых машин не исключают возможности изменения их технического состояния (вплоть до отказа) до проведения плановых профилактических мероприятий. Поэтому при широком применении методов и средств технического диагностирования машин экономически целесообразно перейти от планово-предупредительной системы к системе технического обслуживания и ремонта по результатам диагностирования их технического состояния.

Более эффективным является подход, основанный на применении *системы проведения техобслуживания и ремонта по фактическому техническому состоянию (РТС)* машины. Он состоит в периодическом или непрерывном контроле параметров, характеризующих техническое состояние машины, по результатам которого определяют объем и сроки проведения профилактических и ремонтных работ. Ремонт проводят в тех случаях, когда значения оценочных параметров существенно отличаются от допустимых. Анализ состояния машины осуществляют с использованием методов технического диагностирования. Система обслуживания и ремонта по потребности требует применения оперативных и эффективных методов контроля технического состояния машины по основным диагностическим параметрам. Периодический контроль позволяет предотвратить отказы отдельных агрегатов и узлов машины и организовать своевременное проведение их ремонта. В противном случае неконтролируемые нарушения работоспособности могут привести к значительным затратам времени и средств и длительным простоям машины.

Техническое диагностирование способствует предотвращению поломок отдельных узлов и агрегатов (в том числе во время технологических «окон») и преждевременного ремонта машин, сокращению потребности в запасных частях за счет своевременности ремонта, повышению качества и снижению трудоемкости регулировочных работ при выполнении плановых техобслуживаний, а также уточнению действительной потребности в объемах и рациональных сроках проведения профилактически-ремонтных работ.

По данным российских экспертов, система ремонта путевых машин по техническому состоянию значительно превосходит по эффективности и сбережению ресурсов (трудо- и энергозатрат) систему ППР. На примере

среднего ремонта путевой машины «Duomatic 08-32 Center Tool» было показано, что число ремонтных операций, установленных по результатам технического диагностирования и мониторинга технического состояния, намного меньше требуемого нормативными документами по среднему ремонту (соответственно 33 и 56). При этом работоспособность машины и ее ресурс не снижаются.

Комплексный (комбинированный) подход к техническому обслуживанию и ремонту машин заключается в сочетании системы ППР и системы ремонтно-восстановительных мероприятий по результатам технического диагностирования. Соответственно, в плановом порядке осуществляют только контроль технического состояния составных частей машины, а работы по ремонту и восстановлению деталей и сборочных единиц проводят по потребности, т. е. после внезапного отказа или на основании результатов диагностирования.

Переход от отработанной системы ППР к системе профилактически-ремонтных воздействий по потребности требует пересмотра устоявшихся принципов технической эксплуатации путевых машин и нормативно-технической документации.

Систему техобслуживания и ремонта по фактическому техническому состоянию используют машиностроительные предприятия, обеспечивающие сервисное обслуживание своей продукции. В их числе ведущие западные и отечественные компании, выпускающие путевые, дорожно-строительные, подъемно-транспортные и другие машины. Они реализуют с потребителями своей продукции систему фирменного технического сервиса по результатам диагностирования технического состояния машин.

Наиболее эффективным направлением технической эксплуатации машин считается сервисное обслуживание и ремонт машин предприятием-производителем.

Фирменное техническое обслуживание давно приобрело широкие масштабы в странах с развитым машиностроением. Эффективность технического сервиса в значительной мере определяется качеством проведения техобслуживания, а также реализацией услуг и запасных частей. Как правило, техническая оснащенность и квалификация специалистов сервисного предприятия способствуют качественному и быстрому проведению операций техобслуживания дорогостоящей и высокопроизводительной техники. Известное соотношение «цена – качество продукции» ведущие машиностроительные предприятия давно дополняют еще одним компонентом: «цена – качество продукции – качество обслуживания». Соответственно, сервисное обслуживание и фирменный ремонт являются синонимами высокого качества, поскольку ведущие производители эффективно используют мировой опыт конкурентоспособных технологий технического обслуживания и ремонта путевой, дорожно-строительной и другой техники. Немаловажным

фактором является конкурентная борьба за рынок сбыта машиностроительной продукции.

Напомним некоторые термины и определения из этой области.

Фирменное обслуживание подразумевает сопровождение машины фирмой-изготовителем на всех этапах ее жизненного цикла, включая предпродажную подготовку, продажу, гарантийное и постгарантийное обслуживание, списание и утилизацию машины и ее составных частей.

Фирменный метод технического обслуживания – это выполнение техобслуживания машины фирмой-изготовителем.

Сервисное обслуживание представляет собой комплекс средств и способов предоставления платных услуг по приобретению и эффективному использованию машин, а также обеспечению их работоспособности, производственной и экологической безопасности в течение всего срока эксплуатации.

Технический сервис – это деятельность юридических (реже физических) лиц, не являющихся потребителями машин, по обеспечению их эффективной и безопасной технической эксплуатации.

Дилер (от англ. *dealer* – торговый посредник) – это юридическое лицо (реже физическое), ведущее торговую посредническую деятельность, связанную с закупкой продукции у производителя по специальным (скидочным) ценам и перепродажи по рыночным ценам конечным потребителям.

В настоящее время наиболее распространенными системами технического сервиса машин являются следующие:

- система фирменного сервиса;
- дилерская система технического сервиса;
- дилерская система фирменного сервиса.

Систему фирменного сервиса осуществляет производитель техники, на балансе которого находится сервисное предприятие. Система основана на комплексном подходе к проблеме поддержания работоспособности машин, который включает обеспечение нормативно-технической документацией, оснащение современным диагностическим оборудованием и техническое диагностирование, ремонтные работы, снабжение запасными частями и эксплуатационными материалами и др.

Производители машин постоянно совершенствуют состав и качество предоставляемых услуг. Они (услуги) охватывают весь спектр мероприятий (организационных, правовых, материаловедческих, технических и технологических), способствующих повышению работоспособности техники. Комплексное техническое обслуживание транспортно-технологических машин способствует минимизации затрат и включает:

- высококачественное техническое обслуживание, имеющее предупредительный характер, на основе анализа состояния смазочных материалов и рабочих жидкостей;

- применение специального программного обеспечения по проверке технического состояния машин;
- диагностирование и ремонт машин с привлечением высококвалифицированных специалистов;
- использование комплекса фирменного специального оборудования и высокотехнологичных ремонтных технологий.

В состав фирменных услуг входят также специальное обслуживание гидравлических систем с периодическим диагностированием их состояния с помощью анализа чистоты рабочих жидкостей, ремонтом и испытаниями элементов гидросистем, что способствует достижению максимальной производительности; специальное обслуживание привода машин, включая двигатель и силовые передачи, которое обеспечивает реализацию всех потенциальных возможностей привода с минимальными затратами за счет планирования ремонта или замены элементов привода, исходя из их технического состояния, а также применения отремонтированных элементов, имеющих такую же гарантию, как новые элементы, но более низкую цену; специальное обслуживание ходовых систем (гусеничных и пневмоколесных), обеспечивающее минимальные эксплуатационные затраты за счет периодического диагностирования их элементов и достоверного прогнозирования их срока службы.

Помимо перечисленного, производители машин предоставляют дополнительно широкую гамму сменного рабочего оборудования мобильных машин (в том числе по спецзаказам), а также элементов ходовых систем; сдают машины и оборудование в аренду на арендных предприятиях, связанных с фирмами-изготовителями контрактами, как в виде комплексов и комплектов, так и отдельными машинами с предоставлением широкого набора фирменных услуг по их техническому обслуживанию и ремонту. Помимо этого, продают капитально отремонтированные по специальной программе машины, имеющие новый серийный номер и такую же гарантию, как у новой машины, но более низкую цену.

Дилерская система технического сервиса предусматривает проведение техобслуживания и устранение отказов на дилерском сертифицированном предприятии, оснащенном соответствующей материально-технической базой. При этом производитель техники и дилерское предприятие заключают дилерский договор.

Дилерская система фирменного сервиса проводит работы по техническому сервису под контролем производителя техники. Предприятие не принадлежит фирме, но имеет право на гарантийное обслуживание и ремонт.

Основной функцией дилерской службы является ответственность за техническое состояние реализуемой техники в течение всего срока службы. Кроме того, дилер имеет многочисленные обязанности, включая изучение конъюнктуры рынка и поиск потенциальных покупателей, проведение про-

дажного и предпродажного обслуживания машин, установку дополнительного оборудования и обкатку машин, проведение техобслуживания и ремонта в гарантийный и постгарантийный периоды, обеспечение запасными частями и расходными материалами, а также учет отказов и предоставление производителю информации о надежности машин. Представляет интерес примерное соотношение услуг, которые предоставляет дилер:

- продажа нового оборудования – 40 %;
- продажа поддержанных машин и оборудования – 15 %;
- продажа запасных частей – 20 %;
- проведение технического обслуживания машин – 20 %;
- сдача машин в аренду – 5 %.

Сервисное обслуживание реализуют как на фирменных ремонтных предприятиях компаний по производству машин, так и в специализированных фирмах-дилерах, связанных с этими компаниями на договорной основе. Компании снабжают их запасными частями, поставляют фирменное диагностическое оборудование, проводят обучение обслуживающего персонала и прочее. Кроме того, работы по сервису осуществляют через филиалы предприятий-производителей машин посредством консорциума фирм-поставщиков отдельных узлов машин и оборудования, а также предприятиями-потребителями под активным патронажем производителей машин и оборудования.

Эффективность технического сервиса во многом зависит от скорости доставки запасных частей. Так, в США поставки запасных частей транспортно-технологических машин потребителям осуществляют в течение суток более 80 % фирм, в течение двух суток – остальные 20 %. При экстренной доставке запасные части отгружают в течение 1–3 ч после получения заказа.

Сервисное обслуживание предопределяет высокий уровень готовности машины к работе и высокую эффективность эксплуатации машины под постоянным надзором изготовителя. При этом фирменная система технического сервиса накладывает и высокий уровень ответственности за результаты работы, включая качество запасных частей и эксплуатационных материалов, уровень подготовки технической документации, строительство баз по обслуживанию и ремонту, создание учебных центров для обслуживающего персонала, анализ эффективности работы машин в различных эксплуатационных условиях. Всё это является свидетельством того, что в развитых странах сервисное обслуживание сформировалось в самостоятельную отрасль экономики, которая имеет значительные прибыли, но и такую же степень ответственности.

Наличие разветвленной сети сервисных центров и контроль системы технического обслуживания позволяют оперативно устранять дефекты, замеченные на этапах проектирования и изготовления и обнаруженные в уже поступивших в продажу машинах. Развитие дилерской сети характеризуется

всё бóльшим приближением технического сервиса к месту эксплуатации машин и его оперативностью.

Технический сервис и фирменное обслуживание позволяют предприятиям-изготовителям напрямую получать достоверную информацию по статистике отказов, а также по эффективности использования техники с учетом эксплуатационных факторов. Такая информация необходима для организации выпуска машин с оптимальными параметрами, особенно при разработке и освоении перспективных моделей.

Таким образом, система фирменного обслуживания базируется на проведении профилактически-ремонтных мероприятий на основании результатов оценки технического состояния узлов и агрегатов машин.

3.4 Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта

Накопленный опыт организации и технологии ремонта СПС позволяет развивать систему их ремонта и технического обслуживания за счет оптимизации существующей структуры ремонтного цикла машин, а также определения экономически оправданных наработок на основе анализа работоспособности узлов и агрегатов с использованием методов автоматизированного контроля состояния СПС с помощью технических средств диагностирования.

В настоящее время эксплуатация путевых машин развивается на основе системы ППР, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения межремонтных профилактических и ремонтных работ. Экономическая эффективность ремонтных мероприятий обусловлена существенной разницей затрат на производство и ремонт машин, их агрегатов, узлов и деталей. Так, по данным [12], затраты на капитальный ремонт машин составляют 40–60 %, агрегатов – 25–65 %, деталей – 15–70 % от стоимости новых машин, агрегатов и деталей соответственно.

К достоинствам системы планово-предупредительного ремонта относят предварительное планирование всех операций по техническому обслуживанию и ремонту СПС, которые позволяют предотвратить его непредвиденные остановки.

Основной задачей системы ППР является удлинение межремонтного срока службы оборудования, снижение расходов на его ремонт, повышение качества ремонта.

Основой обеспечения надежности машин на этапе эксплуатации является их функционирование в соответствии с нормативно-технической документацией с точным соблюдением требований и рекомендаций, которые изложены в руководствах по эксплуатации, подготовленных разработчиками и базирующихся на статистических результатах накопленного опыта.

Эти требования затрагивают не только режимы эксплуатации, но и условия хранения и транспортирования машин.

Мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту машин, обеспечивающие их надежность и работоспособность, регламентированы государственными стандартами, в том числе ГОСТ 18322 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения». Для отечественных предприятий, эксплуатирующих и ремонтирующих путевую технику, эти мероприятия регламентированы стандартом предприятия СТП БЧ 56.428 «Специальный железнодорожный подвижной состав. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт».

Возможные неплановые операции по техническому обслуживанию машин и мелкие ремонтные работы целесообразно выполнять в периоды технологических перерывов их работы.

На рисунке 3.3 представлена схема планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта путевой техники.

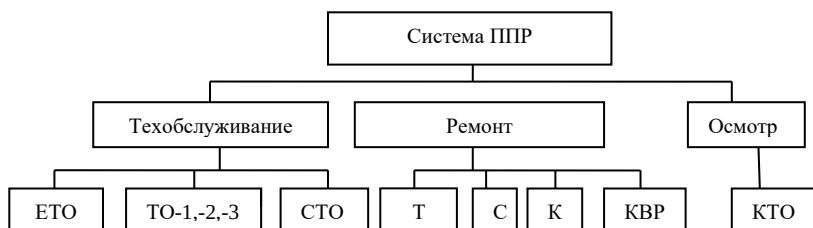


Рисунок 3.3 – Схема планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта:

ЕТО – ежесменное техобслуживание; ТО-1,-2,-3 – периодическое техобслуживание первого, второго и третьего объема; СТО – сезонное техобслуживание; Т, С, К и КВР – текущий, средний, капитальный и капитально-восстановительный ремонт соответственно;

КТО – контрольно-технический осмотр

Отметим, что термины «планово-предупредительный ремонт» и «планово-предупредительное техническое обслуживание и ремонт» характеризуют одну и ту же систему технического обслуживания и ремонта машин (ППР), которая в плановом порядке обеспечивает профилактику технической эксплуатации путевых машин.

Система планово-предупредительного ремонта предусматривает проведение комплекса мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту путевой техники для поддержания ее работоспособности и восстановления ресурса после выполнения заданного объема путевых работ или заданной наработки. Эта система, которую культивируют предприятия Белорусской железной дороги, опирается на запланированную для каждого типа машин наработку. Планирование мероприятий по технической эксплуатации машин состоит в подготовке годового плана и месячных графиков их техниче-

ского обслуживания и ремонта. В течение месяца график может корректироваться с учетом фактической наработки и технического состояния машины. При составлении планов рассчитывают потребности предприятия в трудовых и материальных ресурсах, в производственных площадях и оснащении ремонтных мастерских. Качественное проведение профилактических мероприятий обусловлено выполнением требований нормативно-технической документации, наличием подготовленных квалифицированных кадров по техническому обслуживанию и ремонту, материально-техническим обеспечением работ (оснащением технологическим оборудованием, оснасткой и инструментом, запасными деталями и агрегатами). При этом необходимо учитывать следующие факторы: состав парка машин; фактическую наработку каждой машины с начала эксплуатации или после капитального ремонта; планируемую наработку машины на год; требуемую инструкциями по эксплуатации машин периодичность технического обслуживания и текущего ремонта; трудоемкость проведения операций технического обслуживания и ремонта и др.

ППР каждой единицы СПС осуществляет предприятие приписки машины путем решения следующих задач:

- организации систематического учета наработки и постоянного контроля технического состояния машины;
- разработки планов технического обслуживания и ремонта;
- осуществления организационно-технических мероприятий, обеспечивающих своевременное и качественное выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту в установленные планом сроки с соответствующей последовательностью и периодичностью;
- контроля реализации планов технического обслуживания и ремонта;
- совершенствования организации ремонтного производства.

В общем случае система ППР, разработанная в соответствии со стандартом предприятия СТП БЧ 56.428, включает следующие виды технического обслуживания, ремонта и осмотра (см. рисунок 3.5):

- ежесменное техническое обслуживание **ЕТО**;
- техническое обслуживание первого объема **ТО-1**, если оно указано в руководстве по эксплуатации машины;
- техническое обслуживание второго объема **ТО-2**;
- техническое обслуживание третьего объема **ТО-3**, если оно указано в руководстве по эксплуатации машины;
- техническое обслуживание **ТО-800**, если оно указано в руководстве по эксплуатации машины;
- сезонное техническое обслуживание **СТО**;
- текущий ремонт **Т**;
- средний ремонт **С**;
- капитальный ремонт **К**;
- капитально-восстановительный ремонт **КВР**;

– контрольно-технический осмотр **КТО**.

Все виды технического обслуживания и ремонта СПС, а также периодичность их применения регламентированы стандартом с учетом требований и рекомендаций производителя машин. Напомним, что техническое обслуживание обеспечивает поддержание работоспособности машин, а ремонт – восстановление работоспособности на этапе эксплуатации жизненного цикла машин.

Межремонтные профилактические работы включают такие мероприятия, как ежесменное, периодическое и сезонное техническое обслуживание машин. Все виды технического обслуживания каждой машины проводят по заранее разработанному плану с учетом ее назначения и отработанного объема работ.

Развернутое и подробное перечисление операций технического обслуживания и ремонта путевых машин в системе ППР выглядит следующим образом.

ЕТО проводит обслуживающий персонал до начала работы, в течение смены и после работы. Оно включает следующие операции:

- очистку машины;
- заправку и смазку машины, проверку наличия эксплуатационных материалов (топлива, смазочных материалов, рабочих жидкостей);
- проверку уровня топлива в баке, масла в картере двигателя, рабочей жидкости в баке гидросистемы, жидкости в системе охлаждения двигателя;
- проверку и обеспечение герметичности систем питания, охлаждения и смазочной системы двигателя;
- проверку крепления узлов и деталей, устранения подтекания топлива, масла, рабочей и охлаждающей жидкостей;
- контрольный осмотр с проверкой исправности двигателя, рабочих органов, ходовой системы, тормозов, механизмов управления, гидравлической, электрической и пневматической систем, освещения, системы обеспечения безопасности движения и др.

ТО является наиболее ответственным видом профилактики, предотвращает рост интенсивности потока отказов. Оно различается объемом, составом и трудоемкостью работ и включает техническое обслуживание первого (ТО-1), второго (ТО-2) и третьего объема (ТО-3), каждое из которых должно обеспечивать безотказность и работоспособность единицы СПС на протяжении периодов наработки между этими профилактическими мероприятиями.

При **ТО-1** выполняют работы **ЕТО**, а также следующие операции:

- проводят наружную мойку машины;
- смазывают ее составные части по карте смазывания;
- проверяют натяжение ремней, уровень электролита в аккумуляторной батарее и состояние ее зажимов и вентиляционных отверстий;
- сливают отстой топлива из бака и фильтров, а также конденсата из баллонов пневмосистемы;
- доливают при необходимости масла в отдельные картеры.

При **ТО-2** выполняют работы **ТО-1**, а также следующие операции:

- проверяют и регулируют (при необходимости) двигатель, тормоза, систему управления;
- определяют давление открытия предохранительных клапанов гидро- и пневмосистем;
- измеряют плотность электролита и подзаряжают (при необходимости) аккумуляторную батарею;
- обслуживают воздухоочиститель и сапуны;
- заменяют масла в картере двигателя и компрессора;
- очищают масляную центрифугу и фильтры гидросистемы.

При **ТО-3** выполняют работы **ТО-2**, а также следующие операции:

- проверяют и регулируют (при необходимости) пусковое устройство, топливный насос, стартер и генератор;
- очищают и промывают фильтр-отстойник топливного бака и топливные фильтры.

Согласно приведенной информации, каждое последующее периодическое техобслуживание является более объемным и включает все операции предыдущих профилактических мероприятий.

СТО должно обеспечивать безотказность и работоспособность машины на протяжении сезона или до планового периодического обслуживания.

При **СТО** *при подготовке к осенне-зимнему сезону* выполняют следующие работы:

- заправляют систему охлаждения двигателя охлаждающей жидкостью, не замерзающей при низкой температуре;
- включают предпусковой подогреватель двигателя;
- отключают радиаторы смазочной системы двигателя и гидросистемы;
- доводят плотность электролита в аккумуляторной батарее до зимней нормы;
- заменяют смазку и рабочую жидкость зимними сортами масла по карте смазывания.

При **СТО** *при подготовке к весенне-летнему сезону* выполняют следующие работы:

- отключают предпусковой подогреватель двигателя;
- включают радиаторы смазочной системы двигателя и гидросистемы;
- доводят плотность электролита в аккумуляторной батарее до летней нормы;
- заменяют смазку и рабочую жидкость летними сортами масла по карте смазывания;
- удаляют накипь из системы охлаждения и промывают систему.

Таким образом, **СТО** включает в себя работы по расконсервации машины; замене топлива, смазочных материалов и рабочих жидкостей при необходимости; приведению всех агрегатов, узлов и систем в рабочее состояние, по их настройке и регулировке.

КТО занимает особое место в системе ППР путевых машин и состоит в проверке готовности машин к началу сезона работ. КТО машин круглогодичной эксплуатации проводят два раза в год (через шесть месяцев). Для сезонно работающей путевой техники КТО проводят один раз в год (через 12 месяцев). При этом КТО осуществляют только после проведения СТО или ремонта Т. Технический осмотр СПС, оборудованного устройствами безопасности движения (АЛСН, КПД-3П, КЛУБ-УП), производят на специализированных контрольных пунктах: АЛСН и КПД-3П – не реже одного раза в тридцать дней, КЛУБ-УП – не реже одного раза в девяносто дней.

Как было отмечено, на предприятиях Белорусской железной дороги в соответствии со стандартом предприятия СТП БЧ 56.428 применяют следующие виды ремонта СПС: Т, С, К и КВР.

Текущий ремонт (Т) – это комплекс технологических мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности СПС до очередного ремонта. Полный объем работ, который выполняют при проведении этого вида ремонта, изложен в руководстве по эксплуатации на каждый тип СПС. Его проводят для поддержания работоспособности машины с восстановлением или заменой отдельных деталей, узлов и агрегатов (кроме базовых) на предприятии приписки СПС с привлечением при необходимости специалистов других организаций.

При Т выполняют работы, предусмотренные периодическим ТО, а также производят осмотр всех узлов и агрегатов, в том числе металлоконструкций и грузоподъемного оборудования, ходовой системы, тормозного оборудования и автосцепного устройства; гидравлической и пневматической систем, системы сигнализации и электрооборудования, электропроводки с проверкой сопротивления изоляции; двигателей, трансмиссий, системы смазки и соединительных муфт привода и рабочих органов; осуществляют проверку контрольно-измерительных приборов; ремонт дефектных или изношенных деталей и сборочных единиц; регулировку и настройку всех регулируемых соединений, а также замену или восстановление отдельных деталей, узлов и агрегатов. Анализ моторного масла производят в лабораториях локомотивных депо.

Объемы и порядок выполнения обязательных работ, браковочные признаки и способы восстановления деталей и сборочных единиц определяются действующей эксплуатационной и ремонтной документацией.

При постановке машины на ремонт устанавливают перечень необходимых ремонтных работ, определяют потребности в запасных частях, материалах и оборудовании.

Средний и капитальный ремонты являются плановыми и проводятся в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Средний ремонт (С) – это комплекс технологических мероприятий по восстановлению работоспособности и частичного ресурса машины с заме-

ной или ремонтом неисправных агрегатов и узлов. Его выполняют в объеме, установленном в ремонтных документах. Средний ремонт включает частичную разборку СПС, мойку демонтированных деталей, узлов и агрегатов, их дефектацию и ремонт; капитальный ремонт рабочих органов; выкатку и ремонт ходовых тележек, освидетельствование колесных пар, промежуточную ревизию буксовых узлов; демонтаж с СПС и ремонт приборов тормозного оборудования, автосцепного устройства, электрических и гидравлических аппаратов; проверку и замену при необходимости гидравлической жидкости; техобслуживание системы обеспечения безопасности движения и контрольно-измерительной аппаратуры; другие виды работ, необходимые для обеспечения надежной работы СПС.

При необходимости производят замену деталей, узлов и агрегатов СПС.

По окончании работ осуществляют частичную окраску машины с восстановлением надписей и знаков и приемо-сдаточные испытания.

Для среднего ремонта разрешается продление межремонтного срока до следующего среднего или капитального (ближайшего по времени) ремонта, если СПС по своему техническому состоянию пригоден к дальнейшему использованию.

Капитальный ремонт (К) – это комплекс технологических мероприятий по восстановлению работоспособности и ресурса (полного или близкого к полному) машины с заменой или ремонтом любых узлов и агрегатов, включая базовые. Его проводят на специализированных ремонтных предприятиях. Он включает полную разборку машины (за исключением клепанных, сварных и клееных конструкций); очистку, мойку и дефектацию сборочных единиц и деталей; восстановление посадок и сопряжений; проверку геометрических размеров рамы; капитальный ремонт или замену комплектующих изделий и агрегатов; полную замену электрических и гидравлических аппаратов, контрольно-измерительных приборов, тепло- и звукоизолирующих материалов кабины; выкатку и ремонт ходовых тележек, полное освидетельствование или замену колесных пар; демонтаж и ремонт элементов тормозного оборудования и автосцепного устройства; техническое обслуживание системы обеспечения безопасности движения.

По окончании ремонта проводят полную окраску машины, нанесение необходимых надписей и знаков, а также приемо-сдаточные испытания.

Для капитального ремонта разрешается продление межремонтного срока один раз не более чем на 50 %, если СПС по своему техническому состоянию пригоден к дальнейшему использованию.

Капитально-восстановительный ремонт (КВР) – это комплекс технологических мероприятий по восстановлению работоспособности СПС по истечении планового срока его эксплуатации. При капитально-восстановительном ремонте выполняют работы капитального ремонта, а также дополнительно проводят инструментальные измерения несущих конструкций машины (рам, ферм, ходовых тележек, металлоконструкций, рабочих органов и

грузоподъемных механизмов), а при необходимости – их дефектоскопию. На основании проведенных обследований осуществляют замену изношенных рабочих органов и агрегатов, разрабатывают конструктивные решения по усилению конструкции и проводят модернизацию СПС. После приемо-сдаточных испытаний устанавливают сроки его дальнейшей эксплуатации.

После проведения КВР периодичность технического обслуживания и ремонта уменьшается на 10 % по сравнению с данными, приведенными в таблице 3.2. В ней представлены сведения о периодичности технического обслуживания и ремонта некоторых типов СПС, основанные на требованиях и рекомендациях инструкций по их эксплуатации, а также узаконенные стандартом СТБ БЧ 56.428. Как видно из таблицы 3.2, вид, периодичность и порядок чередования технического обслуживания и ремонта по каждому типу машин устанавливают отдельно. Производители СПС совершенствуют не только конструкции машин, но и параметры технического обслуживания и ремонта (периодичность, состав, сроки).

Таблица 3.2 – Виды и периодичность ППР путевых машин

Машина	Единица измерения	Периодичность ППР	Вид ППР
Выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПО-3000	км ОП	15	ТО-1
		30	ТО-2
		60	Т
		240	С
		480	К
		1920	КВР
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-02, ВПР-02М, РТ-800	км ОП	16	ТО-2
		65	ТО-3
		130	Т
		260	С
		1040	К
		1950	КВР
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Duomatic 08-32, Duomatic 08-32 Center Tool	час работы дизеля	50	ТО-1
		250	ТО-2
		500	ТО-3
	км ОП	400	Т
		800	С
		3200	К
		6400	КВР
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Duomatic 09-32 CSM	час работы дизеля	50	ТО-1
		250	ТО-2
		500	ТО-3
	км ОП	600	Т
		1200	С
		4800	К
		9600	КВР

Продолжение таблицы 3.2

Машина	Единица измерения	Периодичность ППР	Вид ППР
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Dynamic Stophexpress 09-3X	час	50	ТО-1
	работы	250	ТО-2
	дизеля	500	ТО-3
	км ОП	800	Т
		1600	С
		6400	К
		12800	КВР
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина для стрелочных переводов ВПРС-02, ВПРС-02М	ОСП	17	ТО-2
		34	ТО-3
		170	Т
		340	С
		1360	К
		2550	КВР
Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина для стрелочных переводов Unimat Compact 08-275/3S, Plasser 08-275 3S	час	50	ТО-1
	работы	250	ТО-2
	дизеля	500	ТО-3
	ОСП	600	Т
		1200	С
		4800	К
		9600	КВР
Динамический стабилизатор пути DGS-62	час работы	50	ТО-1
	дизеля	250	ТО-2
		500	ТО-3
		600	Т
	км ОП	1200	С
		4800	К
		9600	КВР
Кюветно-траншейная машина МКТ	км	15	ТО-2
	ОП	45	ТО-3
	(очистка и нарезка кюветов)	135	Т
		270	С
		810	К
		1620	КВР
Машина для смены шпал SVP-74, MRT.PVK, PV	час работы дизеля	100	ТО-1
		400	ТО-2
		1600	Т
		3200	С
		6400	К
Мотовоз МПТ-4, МПТ-6, МПТ-Г	пробег км·10 ³ (час работы дизеля)	1,25 (100)	ТО-1
		5 (400)	ТО-2
		20 (1600)	Т
		40 (3200)	С
		80 (6400)	К
		240 (19200)	КВР

Продолжение таблицы 3.2

Машина	Единица измерения	Периодичность ППР	Вид ППР
Планировщик балласта SSP-110	час работы дизеля	50 250 500	ТО-1 ТО-2 ТО-3
	км ОБП	800 1600 6400 12800	Т С К КВР
Путевая вакуумная машина COMPEL-VAC 500RD (AC500)	час работы дизеля	50 250 500	ТО-1 ТО-2 ТО-3
	год	1 2 8 16	Т С К КВР
Путевая рельсосварочная машина ПРСМ-3, ПРСМ-4	месяц	0,33 2,0	ТО-1 ТО-2
	год	1 2 8 15	Т С К КВР
Путевой моторный гайковерт ПМГ	км ОП	20 60 120 240 960 1800	ТО-1 ТО-2 Т С К КВР
Рельсоочистительная машина РОМ-3, РОМ-3М	час работы	90 180 900 1800 7200 13500	ТО-1 ТО-2 Т С К КВР
Снегоочиститель двухпутный плужный СДП, СДП-М, СДП-М2	месяц	1	ТО
	год	3 12 24	Т К КВР
Снегоуборочные машины СМ -2, СМ-2А, СМ-2Б, СМ-2М, СМ-2Э, СМ2МС, ПСЭ	месяц	1	ТО
	год	3 6 12 24	Т С К КВР
Состав для засорителей СЗ-240-6, МФС-240	месяц	0,33	ТО
	ТрЗ м ³ ·10 ³	50 100 500 1000	Т С К КВР

Окончание таблицы 3.2

Машина	Единица измерения	Периодичность ППР	Вид ППР		
Струг-снегоочиститель СС-1МК	км проходов	50	ТО-1		
		100	ТО-2		
		500	Т		
		2000	С		
		600	К		
Укладочный кран для пути звеньями РППР УК-25/9–18	км РП или УП	10	ТО-1		
		20	ТО-2		
		80	С		
		240	Т		
		480	К		
		1200	КВР		
		УСП	20	ТО-1	
			40	ТО-2	
			128	Т	
			256	С	
1024	К				
		1920*	КВР		
		2048**			
Щебнеочистительная машина РМ-76, РМ-80	час работы дизеля	50	ТО-1		
		250	ТО-2		
		500	ТО-3		
		800	ТО-800		
	км ОчП	90	Т		
		180	С		
		720	К		
		1440	КВР		
		Электробалластер ЭЛБ-1, ЭЛБ-3, ЭГБ	км ОП	25	ТО-1
				50	ТО-2
100	Т				
400	С				
800	К				
		2400	КВР		
Примечания – ОП – отремонтированный путь; ТрЗ – транспортирование засорителей; ОбП – обработанный путь; ОСП – количество отремонтированных стрелочных переводов; УСП – количество уложенных стрелочных переводов; РП или УП – разбираемый или укладываемый путь; ОчП – очищенный путь.					

В основе организации работ по ППР лежит классический технико-экономический принцип: минимизация затрат на поддержание машин в исправном и работоспособном состоянии без ущерба качеству проведения профилактических работ. Рациональная организация и грамотное управление техническим обслуживанием способствуют повышению уровня производства работ и снижению их стоимости. Как было отмечено, эффектив-

ность системы ППР характеризуют значения *коэффициента готовности* и *коэффициента технического использования* машин (см. формулы (2.16) и (2.17)).

При планировании мероприятий по технической эксплуатации машин учитывают нормативные требования, заложенные в инструкциях по эксплуатации. В их числе порядок проведения и периодичность технического обслуживания и ремонта машин (см. таблицу 3.2), а также структура их ремонтных циклов. В качестве примера на рисунке 3.4 представлена структура ремонтных циклов российских укладочных кранов и австрийских выправочно-подбивочно-рихтовочных машин. В свою очередь эта информация является основой для расчетов различных видов технического обслуживания и ремонта, включая объемы работ, количество постов и специалистов, ассортимент и число запасных частей, а также необходимое оборудование для ремонтных операций.

Виды и формы организации техобслуживания и ремонта нередко имеют различия в терминах, но не в сущности ремонтно-профилактических мероприятий. Все перечисленные методы используют так называемую бригадно-постовую форму организации работ, которая имеет особенности в зависимости от специализации предприятия приписки машин. Это могут быть специализированные предприятия, реализующие все виды ремонта, а также предприятия, которые культивируют только мероприятия по техобслуживанию и текущему ремонту машин. Состав бригад, их техническое оснащение инструментом, приспособлениями и оборудованием зависят от места выполнения работ и технических возможностей предприятия, вида технического обслуживания или ремонта, сложности конструкции машины и др.

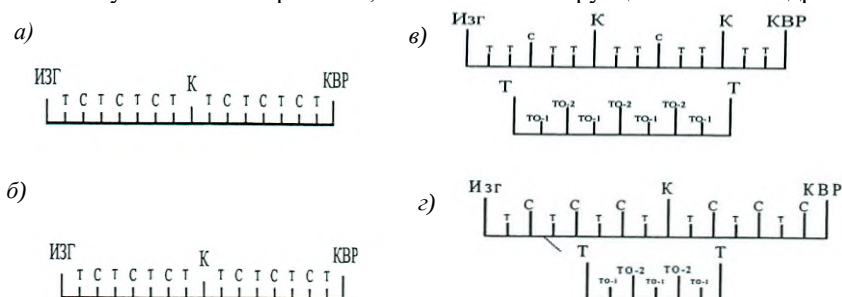


Рисунок 3.4 – Структура межремонтного цикла путевых машин:
а, б – укладочных кранов УК-25/9-18 и УК-25СП; в, г – выправочно-подбивочно-рихтовочных машин Duomatic 09-32 CSM и Dynamic Stophexpress 09-3X

Предприятия отечественной железной дороги имеют на балансе путевые машины импортного производства (австрийские, словацкие, российские)

различной степени сложности для содержания, ремонта, реконструкции и строительства железнодорожного пути. Зарубежные производители обеспечивают сервисное обслуживание машин на стадии гарантийного срока. В дальнейшем техническую эксплуатацию путевых машин осуществляют собственными силами предприятия приписки машин, а также ремонтные подразделения железной дороги. Форма организации ремонтно-профилактических работ на специализированном предприятии зависит от объемов производственной программы ППР, а также конструктивной сложности и сложности узлов, агрегатов и оборудования различных моделей машин.

При техобслуживании большого числа машин, имеющих однотипные агрегаты, системы или рабочие органы, используют специализированные посты, каждый из которых выполняет заданную операцию, требующую наличия и применения необходимого комплекта инструментов, специальных приспособлений и оборудования. При этом разделение функций способствует увеличению производительности труда и снижению себестоимости производства работ при полной загрузке постов машинами одинакового назначения. Организация профилактических работ на специализированных постах может быть поточной и операционно-постовой. При поточном методе рабочие посты располагают в технологической последовательности операций, образуя поточную линию (последовательная схема техобслуживания и ремонта), с последовательным выполнением операций технологического процесса и специализацией рабочих мест.

Техобслуживание с использованием поточной системы производства может быть рентабельным только при наличии достаточно большого числа машин, содержащих однотипные агрегаты. В частности, для мобильных транспортно-технологических машин на пневмоколесном ходу высокая рентабельность ремонтного производства достигается при техобслуживании и ремонте более 3,5 тысяч единиц техники в год [13]. Для этого должно быть от трех до пяти постов с суточной программой более десяти ТО-1 или более трех ТО-2 однотипных машин [28].

При операционно-постовом методе посты располагаются параллельно и обладают относительной независимостью друг от друга, но с согласованием времени проведения операций (параллельная схема ремонта и техобслуживания). Эффективность метода зависит от четко согласованных действий всех постов, за каждым из которых закрепляют одну или несколько операций. При этом стремятся обеспечить одинаковую продолжительность нахождения машины на каждом посту, что достигается соответствием числа рабочих постов количеству технологических операций одинаковой длительности.

При наличии на предприятии небольшого числа разнотипных машин, имеющих агрегаты и узлы различной степени конструктивной сложности,

используют в основном универсальные посты тупикового расположения, оснащенные оборудованием, которое обеспечивает проведение практически всех операций, предусмотренных технологическим процессом. На универсальных постах реализуют весь комплекс работ по техническому обслуживанию и ремонту, за исключением моечных и уборочных работ. Для этого используют специалистов ремонтной бригады, каждый из которых выполняет свою часть работы. Состав участков и постов по техобслуживанию и ремонту, а также их оснащение инструментом и оборудованием зависят от места выполнения работ, вида технического обслуживания или ремонта, а также от сложности конструкции машин или их агрегатов.

Ремонтно-эксплуатационные мастерские предприятий, как правило, содержат зоны текущего ремонта и технического обслуживания, а также различные цеха или отделения, участки и посты. В зоне технического обслуживания размещают участки или посты мойки и окраски, диагностики, дефектации и контроля, а также регулировочное и слесарно-сборочное отделения; в зоне текущего ремонта – специализированные участки (или посты) по ремонту двигателей, трансмиссии, тормозного оборудования, электро-, пневмо- и гидрооборудования и вспомогательные – для слесарно-механических, сварочно-кузнечных, электротехнических и других работ, а также механическое отделение металлообработки с комплектом металлорежущих станков и оборудования. Кроме того, имеются обслуживающие участки, в состав которых входят транспортная служба, складское хозяйство и др.

Работы по техническому обслуживанию путевых машин выполняет обслуживающий персонал по месту эксплуатации или приписки машины. При необходимости к этим работам привлекают других специалистов предприятия приписки машины. В частности, ежесменное техобслуживание проводят перед выездом машины машинист и его помощник.

Выполнение работ по техническому обслуживанию (кроме ЕТО) отражает в журнале учета работ, периодических обслуживаний и ремонтов машин и паспорте машины ответственный работник предприятия приписки машины (главный механик, начальник участка или инженер-механик). Если при техобслуживании устанавливают необходимость замены неработоспособных деталей, агрегатов или узлов машины, то в зависимости от сложности работ ремонтные операции проводят в зоне обслуживания или в зоне ремонта. По окончании работ (по техобслуживанию или ремонту) машину принимает ответственный работник предприятия, который устанавливает качество их выполнения.

В системе ППР постановку машины на ремонт производят в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Текущий ремонт включает операции технического обслуживания и непосредственно ремонта составных частей машины. Перед ремонтом на

основании наружного осмотра и частичной разборки неисправных сборочных единиц составляют дефектную ведомость с перечнем неисправностей.

В зависимости от состава парка машин их текущий ремонт производят индивидуальным или агрегатным методами на предприятии приписки машин или вне его. Выбор рационального метода и формы организации работ способствует повышению качества ремонта и обеспечению работоспособности машин. В зависимости от сложности конструкции и системы управления путевой машины техническое обслуживание и ремонтные работы осуществляют на предприятии приписки (в основном это техническое обслуживание и текущий ремонт) или на специализированном ремонтном предприятии (средний, капитальный и капитально-восстановительный ремонт).

Индивидуальный метод используют при ремонте единичных машин в соответствии с разработанным и утвержденным планом их технической эксплуатации. Метод реализуют в нескольких вариантах в зависимости от участия экипажа СПС. Во-первых, в местах временного нахождения машины все операции, связанные с техническим обслуживанием и текущим ремонтом машин, выполняют силами обслуживающего персонала машины. При этом члены экипажа машины должны обладать достаточным уровнем профессиональной подготовки и наличием технических средств (инструмента, приспособлений, приборов и прочее) для реализации необходимых операций по диагностированию, техобслуживанию и текущему ремонту узлов и агрегатов машины. Во-вторых, совместными действиями обслуживающего персонала машины с привлечением специалистов предприятия приписки. При этом наиболее простые операции выполняют члены экипажа, а более сложные и трудоемкие – специалисты ремонтных служб. В-третьих, на предприятии приписки силами специалистов ремонтной бригады на универсальных постах без привлечения членов экипажа.

Эффективность техобслуживания и ремонта возрастает при наличии на предприятии приписки передвижных средств, оснащенных необходимым оборудованием, включая диагностическое. Для обслуживания путевых машин обычно используют мастерские, оборудованные в железнодорожном вагоне. В некоторых случаях пользуются передвижными средствами на базе грузовых автомобилей, оснащенные оборудованием, приборами и инструментом для выполнения комплекса работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту машин.

Для проведения среднего, капитального и капитально-восстановительного ремонта ремонтные мастерские должны содержать цеха или участки, оснащенные соответствующим оборудованием для реализации этих видов ремонта. При среднем и капитальном ремонте сложных путевых машин в условиях ремонтного предприятия используют специализированные посты, что способствует повышению качества и производительности

работ, поскольку ремонт проводят специализированные бригады на постах, оснащенных необходимым ремонтным оборудованием. При этом разборочно-сборочные работы выполняет одна бригада, а ремонт агрегатов и узлов осуществляют другие бригады.

Наряду с предприятиями, которые реализуют ремонт собственными силами, имеются самостоятельные ремонтные организации (как государственной, так и частной формы собственности), которые осуществляют различные виды ремонта.

Путевые машины отечественной железной дороги имеют различное техническое состояние. В их числе путевые машины, которые выработали назначенный срок службы, установленный предприятием-изготовителем. Поэтому продление срока их службы, является актуальной проблемой. Основным документом, регламентирующим требования к организации и проведению работ по продлению срока их службы, является СТБ 2534 «Железнодорожный подвижной состав. Порядок продления срока службы. Общие положения». Он распространяется на железнодорожный подвижной состав с истекшим назначенным сроком службы.

Как правило, срок службы СПС продлевают после проведения капитально-восстановительного, капитального или среднего ремонта по результатам технического диагностирования. Критерием возможности продления срока службы СПС является наличие у него достаточного остаточного ресурса или возможности восстановления ресурса, а также наличие остаточного ресурса его базовых частей.

На Белорусской железной дороге имеется ряд предприятий, осуществляющих техническую и производственную эксплуатацию путевых машин. В их числе ЭРУП «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги», имеющий высокопроизводительную путевую технику австрийского, словацкого и российского производства, с помощью которой центр осуществляет текущий, средний и восстановительный ремонты железнодорожного пути как на территории Беларуси, так и за рубежом. Кроме того, специалисты центра проводят все виды технического обслуживания и ремонта путевых машин, приписанных к нему, а также ремонт машин других предприятий дороги, в том числе моторно-рельсового транспорта, хопер-дозаторов, укладочных кранов, моторных платформ, снегоуборочных поездов, путевых рельсосварочных машин, техники для смены шпал и др.

РУП «Ремпуть Белорусской железной дороги», а также механизированные дистанции пути осуществляют производственную и частично техническую эксплуатацию путевой техники. На их производственной базе комплектуют и формируют комплексы путевых машин для ремонта земляного полотна, выправки пути, глубокой очистки балласта и других путевых работ. Они располагают ремонтно-эксплуатационными мастерскими или отделениями, в которых осуществляют текущий ремонт приписанных к ним путевых машин.

Помимо этого, средним, капитальным и капитально-восстановительным ремонтом путевых машин предписано заниматься вагоностроительным заводам и некоторым локомотивным депо.

Кроме того, в Беларуси имеется ряд предприятий с частной формой собственности, которые располагают техническими возможностями для проведения среднего и капитального ремонтов путевых машин.

Контрольные вопросы

1 Дайте определения технической и производственной эксплуатации. В чем состоят их концептуальные различия.

2 Что такое система планово-предупредительного ремонта (ППР)? Изложите ее основные достоинства.

3 В чем состоят основные различия системы ППР и системы техобслуживания и ремонта по потребности?

4 Какие виды профилактически-ремонтных воздействий включает система ППР на Белорусской железной дороге?

5 Классифицируйте виды техобслуживания машин по основным признакам.

6 Классифицируйте виды ремонта машин по основным признакам.

7 Как определить трудоемкость техобслуживания машины, опираясь на метод подобия?

8 Какие работы включает ежесменное техобслуживание путевых машин?

9 Какие работы входят в состав периодического техобслуживания путевых машин?

10 Для чего проводят текущий, средний, капитальный и капитально-восстановительный ремонты путевых машин?

4 ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Всеобъемлющим правилом безопасной эксплуатации СПС является их использование по назначению с учетом допускаемых нагрузок на составные части машин и воздействия окружающей среды.

Техническое обслуживание носит профилактический характер и является неотъемлемой частью системы ППР, которая представляет собой комплекс положений и норм, определяющих организацию профилактических и ремонтных работ. В жестких условиях эксплуатации путевых машин система позволяет увеличить межремонтную наработку, а также предупредить отказы и внеплановые ремонты составных частей и машин в целом.

Об экономической эффективности ремонтно-профилактических мероприятий свидетельствует существенная разница затрат на ремонт и производство машин, их агрегатов, узлов и деталей. Так затраты на капитальный ремонт машин составляют 40–60 %, агрегатов – 25–65 %, деталей – 15–70 % от стоимости новых машин, агрегатов и деталей соответственно.

В таблице 4.1 [28] представлены сравнительные данные по ресурсосбережению при производстве и ремонте дорожно-строительных машин. Видно, что все затраты, за исключением трудоемкости, при ремонте значительно меньше, чем при изготовлении. Увеличение трудоемкости обусловлено спецификой технологического процесса ремонта, который включает такие операции, как разборка, мойка, очистка, дефектация и восстановление. При этом затраты на материалы и комплектующие при производстве машин достигают 65–80 %, а при капитальном ремонте не превышают 20–40 %.

Таблица 4.1 – Расход ресурсов и затраты на производство и капитальный ремонт машин

Ресурсы, затраты	Производство	Капитальный ремонт
Металл, т	6,0–9,0	1,5–2,7
Электроэнергия, 10 ³ кВт·ч	4,0–5,5	1,2–2,2
Трудоемкость, чел·ч	75–240	135–620
Основные фонды, тыс. руб. на машину	3,0–6,0	0,6–1,2

Техническое обслуживание проводят в соответствии с утвержденными годовыми и месячными планами. Для качественного техобслуживания СПС требуются организационно-техническое обеспечение работ, наличие нормативно-технической документации, оснащение соответствующим оборудо-

ванием (инструментом, приспособлениями, стендами и др.) и запасными частями (детальями и сборочными единицами), подготовка квалифицированных специалистов.

Состав работ зависит от вида и периодичности технического обслуживания. Конечной целью этих работ является оценка фактических значений показателей технического состояния машины и их восстановление до требуемых по нормативно-технической документации значений.

Напомним, что эффективность мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности машин оценивают комплексными показателями надежности: коэффициентом готовности и коэффициентом технического использования.

Коэффициент готовности характеризует работоспособность машины в любой момент времени, за исключением планового техобслуживания и текущего ремонта:

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_b}, \quad (4.1)$$

где T_o – среднее время безотказной работы (наработка на отказ), ч;

T_b – среднее время восстановления, ч.

Поэтому в расчетах учитывают только время безотказной работы и оперативное время устранения отказа, т. е. немедленного восстановления без учета простоев при плановом техобслуживании, хранении и транспортировании.

Коэффициент технического использования характеризует работоспособность машины с учетом проведения всех видов плановых и неплановых ремонтов по устранению отказов:

$$K_{ти} = \frac{t_n}{t_n + t_p + t_{то} + t_b}, \quad (4.2)$$

где t_n – суммарная наработка, ч;

t_p – суммарное время проведения ремонтов (плановых и неплановых), ч;

$t_{то}$ – суммарное время проведения всех видов техобслуживания, ч;

t_b – суммарное время восстановления, ч.

Комплексные показатели надежности, приведенные в формулах (4.1) и (4.2) и связанные с безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью СПС, зависят от эффективности системы ППР. В свою очередь на ее эффективность влияют следующие факторы:

1) качество техобслуживания, точное соответствие параметров ремонтно-профилактических воздействий (сроки, объемы и др.) требованиям нормативно-технической документации;

2) совершенствование методов и средств технического диагностирования узлов и агрегатов машины;

3) использование эксплуатационных материалов со стабильными свойствами, их соответствие условиям эксплуатации, назначению агрегата и единицы СПС;

4) своевременная поставка качественных запчастей;

5) наличие современного оборудования, приборов и оснастки для проведения техобслуживания;

6) использование ресурсосберегающих методов восстановления деталей и узлов;

7) квалификация обслуживающего персонала.

4.1 Текущее планирование и подготовка работ к техническому обслуживанию

Подготовка работ к техобслуживанию и ремонту заключается в разработке технической (проектно-конструкторской и технологической) документации на проведение ремонтно-профилактических операций, нормировании технологических процессов, обеспечении ремонтно-эксплуатационного производства необходимыми материалами и комплектующими, а также проведении сопутствующих организационных мероприятий.

Все перечисленные виды подготовительных работ должны базироваться на результатах предварительного технического диагностирования машин, которое является составной частью их технического обслуживания. Оценку фактического текущего состояния машины осуществляют по косвенным признакам – диагностическим параметрам. Диагностирование как предварительная стадия техобслуживания позволяет значительно сократить расходы на техобслуживание за счет установления действительной потребности в плановых мероприятиях. Как уже было отмечено, в соответствии со стандартом ГОСТ 20911 «Техническая диагностика. Термины и определения» оценку технического состояния машин следует проводить перед каждой ремонтно-профилактической операцией.

Сама подготовка к техническому обслуживанию и ремонту включает техническую, материальную и организационную составляющие.

Техническая подготовка состоит из конструкторской и технологической составляющих.

Конструкторская подготовка содержит следующие мероприятия:

1) разработку чертежей (проектно-конструкторской документации) на новые и восстанавливаемые детали;

2) проектирование необходимого нестандартного оборудования, технологической оснастки и инструмента;

3) разработку проектно-конструкторской документации на модернизацию узлов и агрегатов машины;

4) выполнение расчетов деталей и узлов после модернизации или восстановления для обеспечения заданного ресурса.

Модернизация единиц СПС означает их обновление и приведение в соответствие с современными техническими требованиями, внесение в конструкцию машин изменений и усовершенствований, повышающих безопасность их эксплуатации и производительность, а также показатели надежности (безотказность, долговечность и ремонтпригодность). Модернизацию узла или агрегата проводят после выявления его частых отказов, связанных с конструктивными недоработками, неправильным выбором материала или термической обработки. Вносимые в конструкцию усовершенствования должны быть обоснованы соответствующими расчетами с учетом положений нормативно-технической документации.

В большей степени эти мероприятия, в том числе модернизация, относятся к ремонту, однако нельзя исключать ее необходимость при подготовке к техническому обслуживанию.

Технологическая подготовка включает следующие работы:

- 1) разработку инструкции (или технических условий) на выполнение каждого вида техобслуживания и ремонта;
- 2) разработку типовых технологических процессов на выполнение разборочно-сборочных операций, ремонт составных частей машины, восстановление дефектных и изготовление новых деталей;
- 3) расчет норм времени и расценок на техобслуживание и ремонт;
- 4) изготовление или приобретение технологической оснастки, инструмента и нестандартного оборудования;
- 5) определение потребности материалов, необходимых для проведения техобслуживания и ремонта.

В результате внешнего осмотра в процессе технологической подготовки составляют ведомость, которая отражает все выявленные дефекты и содержит указания о необходимости ремонта или замены отдельных деталей и сборочных единиц.

Материальная подготовка заключается в составлении технически обоснованных заявок на эксплуатационные материалы и комплектующие, их приобретении и своевременной доставке, а также снабжении ремонтными приспособлениями и инструментами. Соответственно, их количество должно обеспечить потребность в них для всех видов работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Организационная подготовка включает планирование технологических операций, в том числе подготовку рабочих мест и оснащение их специальными приспособлениями и инструментами; выдачу заданий на составление ремонтной документации оформление нарядов бригадам рабочих, участвующим в проведении техобслуживания или ремонта; оформление заказов на изготовление или ремонт необходимых деталей и сборочных единиц.

Ремонтные организации и ремонтные службы предприятий, эксплуатирующих путевую технику, заранее разрабатывают перспективный (долго-

срочный), годовой и оперативный графики проведения техобслуживания и ремонта.

Основой всех планов являются структура ремонтного цикла, периодичность техобслуживания и межремонтные периоды для каждого типа СПС. Эти параметры регламентированы требованиями нормативно-технической документации, в частности, инструкциями по эксплуатации машин.

Напомним некоторые термины и определения.

Цикл технического обслуживания – это время, в течение которого выполняют все виды периодического техобслуживания машины в соответствии с нормативно-технической документацией.

Цикл ремонта – это время, в течение которого выполняют все виды ремонта машины в соответствии с нормативно-технической документацией.

Эти циклы выражают как календарным промежутком времени (часом, месяцем, кварталом, годом), так и объемом выполненной наработки (длиной отремонтированного или уложенного пути в км, числом отремонтированных переводов в шт. и т. п.).

Периодичность технического обслуживания – это время (или наработка в мото-часах) между смежными видами техобслуживания машины в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Периодичность ремонта – это время (или наработка в мото-часах) между смежными видами ремонта машины в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Трудоемкость технического обслуживания (или ремонта) – это трудозатраты на проведение одного техобслуживания (или ремонта) машины.

Перспективное планирование производят на срок до пяти лет, оперативное – на месяц или на квартал.

При перспективном планировании в зависимости от вида и объема работ в системе ППР определяют состав и квалификацию ремонтного персонала, потребность в эксплуатационных материалах, запасных частях, оснастке, инструменте и станочном оборудовании.

Годовой план технического обслуживания и ремонта служит основанием для расчета потребности в материальных и трудовых ресурсах, в производственных площадях и оснащении ремонтных цехов. В их числе определение количества материалов и инструментов, запасных частей и комплектующих, необходимых для всех видов технического обслуживания и ремонта, состава и квалификации ремонтного персонала, необходимого для проведения основных и вспомогательных работ. Такой план должен учитывать планируемое количество часов работы машины на год, а также количество часов, отработанных машиной на начало года с момента введения машины в эксплуатацию (или после капитального ремонта).

На основании такого перспективного годового плана составляют месячный план работ с учетом количества часов, отработанных машиной к началу

планируемого месяца, намечаемого количества часов работы машины в планируемом месяце и периодичности технических обслуживаний и ремонтов. При составлении месячного плана работы машины следует обеспечить равномерное распределение загрузки по дням в течение месяца. При этом допускают корректировку периодичности ремонтно-профилактических воздействий в сторону как увеличения, так и уменьшения их количества.

Текущее планирование уточняет перспективные планы в соответствии с конкретными условиями выполнения производственных заданий в ремонтных цехах в конкретном квартале и конкретном месяце. Для планирования мероприятий по техобслуживанию следует учитывать нормы трудоемкости и периодичность различных видов техобслуживания, а также планируемую наработку машин за анализируемый период. Для учета работы машины по двигателю используют счетчики моточасов.

При составлении годового плана технического обслуживания и ремонта количество каждого вида техобслуживания и ремонта определяют по формуле

$$K_{\text{то}} = \frac{H_{\text{ф}} + H_{\text{п}}}{T_{\text{п}}} - K_{\text{п}}, \quad (4.3)$$

где $H_{\text{ф}}$ – фактическая наработка машины на начало планируемого года со времени проведения последнего техобслуживания, ремонта или с начала эксплуатации, мото-ч;

$H_{\text{п}}$ – планируемая наработка машины на расчетный год, мото-ч;

$T_{\text{п}}$ – периодичность выполнения соответствующего вида техобслуживания или ремонта, по которому ведется расчет, мото-ч;

$K_{\text{п}}$ – количество всех видов предыдущих техобслуживаний и ремонтов.

Планируемую наработку $H_{\text{п}}$ определяют по данным учета фактической наработки машин. Для этого сначала определяют количество капитальных ремонтов, затем количество средних и текущих ремонтов, а затем техобслуживания третьего, второго и первого объема (ТО-3, -2, -1). Количество сезонных техобслуживаний принимают равным двум в год (без расчета) по каждой машине.

В качестве примера определения параметров различных видов техобслуживания и ремонта рассмотрим выправочно-подбивочно-рихтовочную машину ВПР-02М, используя следующие исходные данные, характеризующие длину отремонтированного машиной пути:

– фактическая наработка машины на начало планируемого года после проведения капитального ремонта $H_{\text{ф}} = 250$ км;

– планируемая наработка $H_{\text{п}} = 160$ км;

При этом структура межремонтного цикла машины включает длину отремонтированного пути для каждого вида ремонтно-профилактического воздействия, км:

КВР – 1950, К – 1040, С – 260, Т – 130, ТО-3 – 65, ТО-2 – 16.

Расчеты фактической наработки на начало планируемого года представляют в виде дроби, числитель которой – это наработка машины на начало года, а знаменатель – периодичность техобслуживания или ремонта. Если дробь является правильной, тогда числитель представляет фактическую наработку на соответствующий вид техобслуживания и ремонта. Если же дробь является неправильной, тогда выделяют целую часть, а числитель записывают в фактическую наработку на каждый вид техобслуживания или ремонта.

Расчеты начинают с наибольшего по периодичности вида ремонта.

Для капитально-восстановительного ремонта:

$$H_{\text{КВР}}^{\Phi} = \frac{250}{1950}, \text{ принимают } H_{\text{КВР}}^{\Phi} = 250 \text{ км.}$$

Для капитального ремонта:

$$H_{\text{КР}}^{\Phi} = \frac{250}{1040}, \text{ принимают } H_{\text{КР}}^{\Phi} = 250 \text{ км.}$$

Для среднего ремонта

$$H_{\text{СР}}^{\Phi} = \frac{250}{260}, \text{ принимают } H_{\text{СР}}^{\Phi} = 250 \text{ км.}$$

Для среднего ремонта первого объема

$$H_{\text{С-1}}^{\Phi} = \frac{250}{130} = 1 \frac{250-130}{130} = 1 \frac{120}{130}, \text{ принимают } H_{\text{С-1}}^{\Phi} = 120 \text{ км.}$$

Для техобслуживания ТО-3:

$$H_{\text{ТО-3}}^{\Phi} = \frac{250}{65} = 3 \frac{250-3 \cdot 65}{65} = 3 \frac{55}{65}, \text{ принимают } H_{\text{ТО-3}}^{\Phi} = 55 \text{ км.}$$

Для техобслуживания ТО-2:

$$H_{\text{ТО-2}}^{\Phi} = \frac{250}{16} = 15 \frac{250-15 \cdot 16}{16} = 15 \frac{10}{16}, \text{ принимают } H_{\text{ТО-2}}^{\Phi} = 10 \text{ км.}$$

Расчет количества видов ремонта и техобслуживания также проводят с наибольшего по периодичности вида ремонта по формуле (4.3).

Для капитально-восстановительного ремонта:

$$K_{\text{КВР}} = \frac{250+160}{1950} - 0 = 0,21, \text{ принимают } K_{\text{КВР}} = 0.$$

Для капитального ремонта:

$$K_{\text{КР}} = \frac{250+160}{1040} - 0 = 0,39, \text{ принимают } K_{\text{КР}} = 0.$$

Для среднего ремонта

$$K_{\text{СР}} = \frac{250+160}{260} - 0 = 1,58, \text{ принимают } K_{\text{СР}} = 0.$$

Для среднего ремонта первого объема

$$K_{C-1} = \frac{120 + 160}{130} - 1 = 1,15, \text{ принимают } K_{C-1} = 1.$$

Для техобслуживания ТО-3:

$$K_{TO-3} = \frac{55 + 160}{65} - 1 - 1 = 1,31, \text{ принимают } K_{TO-3} = 1.$$

Для техобслуживания ТО-2:

$$K_{TO-2} = \frac{10 + 160}{16} - 1 - 1 - 1 = 7,63, \text{ принимают } K_{TO-2} = 7.$$

Данные расчетов сводят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристики ремонта и техобслуживания машины ВПР-02М

Характеристика	Вид ремонтного воздействия					
	КВР	К	С	Т	ТО-3	ТО-2
Фактическая наработка, км	250	250	250	120	55	10
Количество ремонтов и ТО	0	0	1	1	1	7

Для оперативной работы ремонтного подразделения годовые планы конкретизируют месячными планами-графиками, которые устанавливают точную календарную дату постановки машины на техобслуживание или ремонт, а также отмечают продолжительность простоя машины. Порядковый номер рабочего дня месяца D (начала проведения техобслуживания или ремонта) находят из выражения

$$D = n \frac{T_n - H_{\phi}}{H_{\text{пм}}} + 1, \tag{4.4}$$

где n – число рабочих дней в планируемом месяце;

$H_{\text{пм}}$ – планируемая наработка на расчетный месяц, мото-ч.

Очевидно, что при $D > n$ техобслуживание или ремонт (соответствующего вида) не проводят. При составлении месячных планов-графиков при необходимости корректируют периодичность проведения ремонтного воздействия как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения периода межремонтного цикла.

Результаты аналитических расчетов характеристик ремонтных воздействий дополняют построением структурных графиков, с помощью которых определяют количество, последовательность проведения и дату выполнения различных видов техобслуживания и ремонта.

Рассмотрим на примере австрийской выправочно-подбивочно-рихтовочной машины Dinamic Stopfexpress 09-3X (ВПР-09-3X) определение дня, в течение которого будет проведено ТО-2 в июне 2024 г., используя следующие исходные данные:

- число рабочих дней в июне 2024 г. $n = 22$;
- планируемая наработка на июнь $N_{\text{пл}} = 80$ ч;
- фактическая наработка на начало июня 2024 г. $N_{\text{ф}} = 190$ ч;
- периодичность проведения ТО-2 – 250 ч.

Подставляя исходные данные в формулу (4.4), получаем день проведения ТО-2

$$Д = 22 \frac{250 - 190}{80} + 1 = 17,5, \text{ принимают } Д = 18, \text{ т. е. } 18 \text{ июня } 2024 \text{ г.}$$

Совершенствование технической эксплуатации машин за счёт повышения качества техобслуживания и ремонта, применения технического диагностирования дает возможность значительно снизить число unplanned ремонтов. Между тем их трудоемкость следует учитывать при расчёте мощности производственно-ремонтной базы предприятия приписки машин. Применяемые в настоящее время методы расчета мощности производственно-ремонтных баз учитывают только требования на плановые профилактические мероприятия, вследствие этого мощность оказывается заниженной по сравнению с необходимой. Это приводит к потере рабочего времени машины из-за низкой интенсивности обслуживания и снижает качество проводимых технических обслуживаний и ремонтов. Зная количественные объемы работ по ожидаемым unplanned ремонтам и их среднюю трудоемкость, следует просчитывать и планировать потребности в трудовых и материальных ресурсах для их выполнения.

Перспективы совершенствования эксплуатации путевых машин на Белорусской железной дороге охватывают два основных направления. Первое касается их производственной эксплуатации и представляет собой комплексную механизацию путевых работ, что предусматривает комплектование комплексов путевых машин недостающими звеньями (машинами и механизмами), исключающими применение ручного труда. При подборе машин следует учитывать их оптимальную совместимость по технико-эксплуатационным параметрам, включая единую скорость работы, кратковременность зарядки и разрядки, обеспечивающих высокую производительность всего комплекса, а также их конструкционную унификацию, обеспечивающую экономичное содержание машин при эксплуатации, техобслуживании и ремонте.

Второе направление связано с технической эксплуатацией путевых машин и обуславливает совершенствование организации их технического обслуживания и ремонта с широким применением современного диагностического оборудования и ресурсосберегающих методов восстановления неисправных деталей и сборочных единиц. Принимая во внимание техническое состояние парка путевых машин на данный момент, следует решить ряд задач по обновлению техники для замены морально и физически устаревших, в том числе выработавших свой нормативный срок машин.

4.2 Состав и технология работ по техническому обслуживанию

Процесс техобслуживания СПС в общем виде включает комплекс работ, обеспечивающих внешний уход и техническое диагностирование, а также устранение отклонений показателей технического состояния машин от нормативных значений.

Внешний уход состоит в очистке поверхностей машины от загрязнений, затрудняющих диагностирование и выполнение операций технического обслуживания. Он включает очистку и мойку наружных частей машины, а также очистку от загрязнений систем питания и смазки двигателя, гидравлического и пневматического оборудования, смазочных устройств трансмиссии и рабочего оборудования.

Устранение некоторых причин отклонения показателей технического состояния машины от нормативных значений осуществляют за счет крепежных и регулировочных работ. При необходимости производят замену или восстановление неисправных деталей и сборочных единиц машины. В результате крепежных работ восстанавливают параметры соединений (силу, плотность и равномерность контакта, ориентацию деталей). Регулировочные работы являются более сложными операциями, чем крепежные.

Крепежные работы проводят для обеспечения надежности крепления всех сборочных единиц и других составных частей машины в рамках всех видов периодического техобслуживания. В подавляющем большинстве для крепления используют резьбовые соединения, первоначальная затяжка которых ослабевает при эксплуатации из-за воздействия и изменения внешних нагрузок (статических, динамических, знакопеременных и др.). Помимо этого, под влиянием вибраций и нагрузок происходит смятие рабочих поверхностей резьбы, появляются остаточные деформации в соединениях и самих крепежных деталях, что также приводит к ослаблению затяжки резьбовых соединений, вплоть до самоотвинчивания. Для поддержания работоспособности агрегатов и узлов машины перед началом смены резьбовые соединения подтягивают до восстановления первоначальной величины затяжки, которая зависит от момента затяжки. В таблице 4.3 приведены рекомендуемые значения момента затяжки, Н·м, в зависимости от номинального размера резьбы. Отклонения от номинальных моментов приводят к снижению работоспособности резьбовых соединений. Для оценки момента затяжки используют динамометрические ключи. При конструктивной необходимости резьбовые соединения фиксируют стопорными шайбами и самостопорящимися деталями.

Крепежные соединения различают по степени их ответственности за безопасность эксплуатации СПС, что отражается на проверке их работоспособности. Во-первых, это соединения в системах, от которых зависит безо-

пасность движения и работы путевых машин (тормоза, трансмиссии, механизмы и системы двигателя и др.), их проверяют самым тщательным образом с использованием специальных приборов и динамометрических ключей. Во-вторых, это крепежные соединения, обеспечивающие прочность крепления (двигателя к раме, коробки передач к картеру, рабочих органов к раме, агрегатов и узлов трансмиссии, стыков металлоконструкций и др.), которые проверяют наружным осмотром и подтягиванием ключами. В-третьих, это резьбовые соединения, обеспечивающие плотность и герметичность (разъемов корпусных деталей, соединений топливо-, масло-, водо- и воздухопроводов), которые проверяют в основном органолептически (визуально по следу жидкости, на слух по падению давления и т. п.) и устраняют затяжкой.

Таблица 4.3 – Рекомендуемые величины момента затяжки

Номинальный размер резьбы, мм				
6	8	10	12	14
6–8	14–17	30–35	55–60	80–90
Номинальный размер резьбы, мм				
16	18	20	22	24
120–140	160–190	230–270	300–360	420–580

Регулировочные работы способствуют поддержанию работоспособности агрегатов, узлов и деталей машин. Под воздействием внешних факторов (нагрузок, температуры, влаги, радиации и др.) происходит постепенное изменение размеров, взаимного расположения и физико-механических свойств материала деталей; меняются зазоры в сопряжениях, нарушаются посадки, уменьшаются усилия предварительного натяжения, снижается упругость эластичных элементов. Контрольно-регулирующие работы ослабляют или во многих случаях ликвидируют отрицательное влияние этих изменений. Применяемые методы контроля и регулирования отличаются большим разнообразием в зависимости от назначения единиц СПС и состава их сборочных единиц, агрегатов и механизмов.

Организация работ. Организация техобслуживания – это комплекс мероприятий, включая выбор места (площадки, ремонтной службы и т. п.) и организационно-производственной формы выполнения работ, подбор исполнителей и формирование комплекта средств выполнения работ, а также определение порядка их выполнения каждым исполнителем.

Выбор рационального метода и формы организации техобслуживания и ремонта зависит от многих факторов, в том числе количества машин, территориального расположения предприятия приписки, наличия и оснащенности ремонтного производства. Оптимальная организация работ по техобслуживанию способствует повышению их качества и снижению стоимости.

Различают три основные формы организации работ по техобслуживанию и ремонту с привлечением обслуживающего персонала единиц СПС.

Во-первых, техобслуживание путевых машин небольшой и средней конструктивной сложности производят силами экипажа машины, обладающего необходимой квалификацией. Во-вторых, техобслуживание машин высокой конструктивной сложности осуществляют в следующем порядке: относительно простые операции выполняет экипаж машины при наличии соответствующей квалификации, наиболее сложные и ответственные операции – специалисты ремонтных служб. В-третьих, техобслуживание машин высокой конструктивной сложности, оснащенных автоматическими и автоматизированными системами управления, осуществляют только силами ремонтных служб, специализирующихся на обслуживании отдельных агрегатов и систем машин.

Специализация ремонтного производства, состав парка и конструктивная сложность машин, а также организационно-технические возможности предприятия приписки машин определяют один из трех видов централизации работ.

Во-первых, *централизованная форма* техобслуживания и ремонта, которая заключается в том, что все технологические операции выполняют ремонтники высокой квалификации с использованием высокотехнологичного оборудования. При этом экипаж машины не участвует в ремонтных мероприятиях. Как правило, такую прогрессивную форму организации используют производители машин в условиях гарантийного и сервисного обслуживания. Наибольший эффект достигается при проведении работ специализированными звеньями, которые выполняют работы по техобслуживанию определенных моделей машин. При этом каждый член звена специализируется на выполнении однотипных видов работ, соответствующих его квалификации.

Во-вторых, *частично централизованная форма* организации, которая характеризуется разделением функций: ЕТО проводит экипаж машины, а периодическое техобслуживание всех видов и текущий ремонт – специализированные бригады ремонтников.

В-третьих, *децентрализованная форма*, в которой также разделяют функции работников: все виды техобслуживания выполняет экипаж машины, а текущий ремонт – специализированные бригады ремонтников.

Состав и перечень работ устанавливают для каждого вида техобслуживания СПС с учетом необходимости обеспечения требуемого уровня его работоспособности и надежности. Как было отмечено, комплекс работ каждого вида техобслуживания должен обеспечивать **безотказность** и **долговечность** деталей, узлов и агрегатов машин. ЕТО обеспечивает работоспособность составных частей машины на протяжении смены. Последующие виды периодического техобслуживания (ТО-1, -2, -3) должны обеспечивать безотказность и работоспособность единицы СПС на протяжении периодов наработки между этими профилактическими мероприятиями. При

этом каждое последующее периодическое техобслуживание является более объемным и включает все операции предыдущих профилактических мероприятий. Виды СТО должны обеспечивать безотказность и работоспособность машины на протяжении сезона или до планового периодического обслуживания.

КТО занимает особое место в системе ППР путевых машин, который состоит в проверке готовности машин к началу сезона работ. КТО машин круглогодичной эксплуатации проводят два раза в год (через шесть месяцев). Для сезонно работающей путевой техники КТО проводят один раз в год (через 12 месяцев). При этом КТО осуществляют только после проведения СТО или текущего ремонта.

Техническое диагностирование состоит в определении реальных показателей технического состояния машины, а также в поиске и установлении неисправностей агрегатов, узлов, механизмов и систем машины без их разборки и снятия с машины.

4.3 Управление запасными частями и эксплуатационными материалами

Своевременное и бесперебойное обеспечение запасными частями и эксплуатационными материалами (топливом, смазочными материалами, рабочими жидкостями, тросами, тормозными лентами и др.) является неременным условием эффективности техобслуживания и ремонта машин на предприятии и, как следствие, реализации заданных показателей надежности.

Управление запасами сменных деталей, узлов и агрегатов, а также эксплуатационных материалов осуществляют на основе перспективных и текущих планов материально-технического снабжения предприятия. Текущие планы, составленные на год, квартал или месяц, учитывают предполагаемую номенклатуру путевых машин и механизмов, перечень работ по их техобслуживанию и ремонту и включают соответствующий набор необходимых запчастей и материалов, потребность в них на планируемый период, сроки поставок и предприятия-изготовители.

Особое внимание следует уделять машинам, изготовленным в дальнем зарубежье, эксплуатационная надежность которых зависит от точного соблюдения периодичности проводимых операций, для которых требуются в основном импортные запчасти и эксплуатационные материалы (или высококачественные отечественные аналоги).

Для оптимизации закупок запасных частей и эксплуатационных материалов разрабатывают их нормы расхода на все виды техобслуживания и ремонта.

Нормирование расхода запасных частей и смазочных материалов – это установление плановой меры их потребления. Основная задача нормирования при планировании и в производстве работ – обеспечение применения

технически и экономически обоснованных норм расхода для осуществления режима нормальной эксплуатации техники и оборудования, экономии, рационального распределения и эффективного использования материалов.

Нормы расхода эксплуатационных материалов и запасных частей должны разрабатываться по единой методике с учетом условий эксплуатации СПС и организационно-технических мероприятий, предусматривающих их рациональное и эффективное использование, а также с учетом научных достижений в области материаловедения и ресурсосберегающих технологий.

В Беларуси отсутствует нормативно-техническая документация, которая регламентирует порядок нормирования при учете и контроле расходования запасных частей, смазочных материалов и технических жидкостей путевых машин. В подразделениях путевого хозяйства для этих целей руководствуются выдержками из стандартов Белорусской железной дороги, а также местными распоряжениями и инструкциями, которые опираются на рекомендации и требования производителей машин.

Запасные части. Номенклатура запасных частей представляет собой классифицированный в заданном порядке перечень деталей, необходимых для проведения техобслуживания и ремонта машин. При этом в перечень запчастей включают следующие детали: во-первых, детали, запланированный срок службы которых меньше срока службы сборочных единиц машины; во-вторых, детали, которые могут иметь случайные отказы в течение наработки сборочных единиц; в-третьих, детали, функциональные характеристики которых утрачиваются при сборке и разборке сборочных единиц.

Соответственно, в этот перечень не включают детали, в результате отказа которых сборочные единицы подлежат списанию из-за экономической нецелесообразности замены этих деталей.

Номенклатура запчастей и комплектующих изделий СПС составляет несколько тысяч единиц различного назначения. В их числе запчасти элементов силовых установок (дизелей, электрических аппаратов), трансмиссий (механических, гидромеханических и гидрообъемных передач), ходовых систем (устройств рессорного подвешивания, тормозного оборудования, пневмоаппаратуры и др.); детали автосцепок, приборы и аппаратура систем сигнализации, а также многое другое.

Исходными данными при определении норм расхода запасных частей на техобслуживание и ремонт путевых машин являются следующие:

- периодичность ремонта;
- характеристика и объем работ по каждому плановому виду ремонта;
- допуски износа деталей в сопряжениях узлов и агрегатов машин;
- интенсивность эксплуатации;
- воздействие окружающей среды;
- периодичность замены запасных частей при ремонте.

По существу норма, устанавливаемая на конкретный вид ремонта, представляет собой размер материальных затрат на определенный объем работы, выполненный машиной за межремонтный срок эксплуатации.

Базовым материалом для определения норм расхода на техобслуживание и ремонт машины как единого целого являются индивидуальные нормы расхода на каждую сборочную единицу, дифференцированные по видам обслуживания и ремонта. Их разрабатывают непосредственно на предприятиях железной дороги, ремонтирующих СПС и оборудование. На основе этих норм определяют потребность в запасных частях и осуществляют контроль за экономным использованием материальных ресурсов.

Для планирования материальной потребности в масштабах дороги разрабатывают и утверждают групповые нормы расхода. Это средние нормы для различных видов техобслуживания и ремонта отдельных групп машин, объединенных назначением, одинаковыми структурной и кинематической схемами, а также схожими рабочими органами.

Для определения индивидуальной нормы расхода деталей для любого вида ремонта используют формулу

$$H = QS, \quad (4.5)$$

где H – норма расхода сменяемых одностипных деталей на данный вид ремонта;

Q – общее число сменяемых одностипных деталей в конструкции машины;
 S – коэффициент сменяемости деталей.

Сменяемостью деталей считают максимально допустимое количество их смен при эксплуатации (включая периоды техобслуживания и ремонта), необходимое для планируемого срока службы деталей или сборочных единиц, включающих эти детали (на практике коэффициент сменяемости выражают в процентах или в дробных числах, а также в натуральных величинах).

В общем случае коэффициент сменяемости представляет собой величину, обратно пропорциональную сроку службы детали:

$$S = \frac{1}{T}, \quad (4.6)$$

где T – срок службы детали путевой машины, ч.

Срок службы детали – это календарная продолжительность ее использования в конструкции машины до перехода в предельное состояние. Как видно из формулы (4.6), с увеличением срока службы детали уменьшается коэффициент ее сменяемости. Вполне очевидно, что большая сменяемость деталей свидетельствует об их низкой долговечности. Внедрение ресурсосберегающих технологий техобслуживания и ремонта, а также повышение эксплуатационной надежности деталей и сборочных единиц способствуют снижению показателя их сменяемости.

При нормировании сменяемости используют два вида показателей: индивидуальный и суммарный коэффициенты.

Индивидуальный коэффициент сменяемости $S_{ин}$ – это степень смены деталей для проведения анализируемого вида ремонта:

$$S_{ин} = \frac{N_i}{A_i^k}, \quad (4.7)$$

где N_i – число i -х деталей, подлежащих замене в данном виде ремонта;

A_i^k – общее число деталей в конструкции ремонтируемой k -й единицы СПС.

Таким методом определяют также сменяемость различных материалов, входящих в конструкции элементов ремонтируемого СПС.

Суммарный коэффициент сменяемости $S_{сум}$ характеризует общую суммарную смену деталей во всех видах ремонта (за 1, 5, 10 и более лет эксплуатации):

$$S_{сум} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n A_i^k}. \quad (4.8)$$

Основными методами расчета норм расхода запасных частей на обслуживание и ремонт технических средств являются: статистический, опытно-производственный и расчетно-аналитический.

Статистический метод включает разработку (или корректировку) норм на основе данных учетной и отчетной документации о расходе запасных частей и объемах техобслуживания и ремонта единиц СПС.

Опытно-производственный метод предусматривает разработку норм на основе данных об отказах и заменах деталей из-за недопустимого изменения их исходных конструкторско-технологических характеристик.

Расчетно-аналитический метод основан на эксплуатационной документации заводов-изготовителей машин и статистических данных о расходовании материалов за предыдущие 2–3 года. Этот метод является основным при расчете норм расхода запасных частей для вновь осваиваемых моделей (или модификаций) путевых машин.

Для деталей, намеченных к освоению в планируемом периоде и не обеспеченных необходимой информацией к моменту расчета норм, но имеющих аналоги, допускается применение данных о расходе запасных частей и характере отказов деталей-аналогов. При этом производится сопоставление их характеристик по следующим признакам:

- по назначению и техническим характеристикам машины (производительности, мощности, грузоподъемности и др.);

- по конструктивной схожести деталей (форме, размерам, марке материала, точности обработки и др.);
- по технологии изготовления деталей и сборки узлов;
- по условиям технической эксплуатации, включая техобслуживание и ремонт.

Нормы расхода запасных частей для единицы СПС, имеющей аналог, определяют путем корректировки соответствующих норм для аналога на величину, учитывающую степень изменения нормы в связи с возможными различиями в конструкции, условиях изготовления, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте. Такие нормы являются разовыми (временными) и в дальнейшем должны быть заменены техническими нормативными документами.

Нормы расхода запасных частей должны также учитывать технологические возможности ремонтно-эксплуатационной базы предприятия по восстановлению деталей для их повторного использования.

В общем случае среднегодовая потребность в запасных частях на одну машину, шт./год,

$$\bar{Q}_{\text{год}} = \frac{K + Cn + Tm}{D_k}, \quad (4.9)$$

где K, C, T – норма расхода запасных частей на капитальный средний и текущий ремонт соответственно, шт.;

n, m – количество средних и текущих ремонтов в межремонтном цикле;

D_k – длительность работы машины до капитального ремонта, лет.

Опыт применения этого метода показывает, что потребность в запасных частях на перспективу по каждой машине принимают равной их среднему расходу за предыдущие 2–3 года, и по мере необходимости ее оперативно корректируют.

Смазочные материалы. Расчет норм расхода смазочных материалов производят по отношению к нормам расхода топлива. Потребность в смазочных материалах и специальных жидкостях рассчитывают исходя из общей потребности в топливе по видам путевой техники и статистических данных за предыдущий год.

Индивидуальную норму расхода моторных масел при техобслуживании, кг, определяют по формуле

$$Q_m = 10^{-2} k_{\text{и}} k_{\text{общ}} c_m Q_t, \quad (4.10)$$

где $k_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий износ цилиндров, поршневых колец и подшипников, $k_{\text{и}} = 1,05 \dots 1,25$;

$k_{\text{общ}}$ – коэффициент, учитывающий особенности перевозок на предприятии;

c_m – норма расхода на данную марку, кг (л), на 100 л топлива (максимальный расход смазочных материалов по рекомендациям завода-изготовителя);

Q_t – масса топлива, кг.

Утвержденные нормы расхода моторных масел не учитывают условия эксплуатации и ряд факторов, влияющих на отклонение от норм расхода смазочных материалов. Для более точного расчета допускается использовать коэффициент, характеризующий реальный расход,

$$K_{\text{общ}} = \frac{G_{\text{факт}}}{G_{\text{расч}}}, \quad (4.11)$$

где $G_{\text{факт}}$ – расход моторного масла в расчете на данную марку смазочных материалов на пробег машины от замены до замены масла (на один цикл), кг;

$G_{\text{расч}}$ – расчетное количество моторного масла по норме завода-изготовителя, кг.

Фактический расход определяют по формуле

$$G_{\text{факт}} = G_{\text{з}} + G_{\text{дол}}, \quad (4.12)$$

где $G_{\text{з}}$, $G_{\text{дол}}$ – объем заливаемой и доливаемой жидкости, л;

Нормы расхода разрабатывают на единицу объема работы, выполняемой машиной. Потребность в смазочных материалах определяют на основании групповых или индивидуальных норм расхода с учетом планируемых объемов работ.

Индивидуальная норма расхода – это плановый показатель расхода смазочного масла на единицу работы, производимой машиной (или узлом, агрегатом) с учетом ее технического состояния и условий эксплуатации.

Групповая норма – это плановый показатель расхода смазочного масла на единицу работы группы машин, устанавливаемый с учетом конструкции и технического состояния машин, а также планируемых объемов работ.

В индивидуальные и групповые нормы расхода не включают затраты смазочных материалов, вызванные отступлениями от принятой технологии производства работ и режимов эксплуатации, несоблюдением требований к качеству смазочных материалов, а также затраты на научно-исследовательские и экспериментальные работы. На эти нужды смазочные масла нормируют отдельно.

Размерность норм должна соответствовать единицам измерения, принятым при планировании и учете объемов работ, а также обеспечивать практическую возможность контроля за выполнением норм. Расход смазочных материалов на единицу работы нормируют в массовых (г, кг, т) или в объемных (л) единицах. Для наглядности в последующих расчетных формулах использованы только массовые характеристики, а именно кг.

Разработку индивидуальных норм расхода смазочных масел подразделяют на три этапа:

- 1) организация работ по нормированию;
- 2) экспериментальные работы по контролю за расходом смазочных материалов машинами на предприятии;

3) расчеты, согласование и утверждение индивидуальных норм расхода смазочных масел для данного вида машин.

Экспериментальные работы по контролю за расходом смазочных масел машинами включают:

- выбор объектов для наблюдений за расходом смазочных материалов;
- проведение наблюдений за расходом смазочных масел машинами на предприятии;
- анализ результатов наблюдений и разработку проекта индивидуальных норм расхода смазочных масел для данного вида машин;
- согласование проекта индивидуальных норм расхода с разработчиком машин.

Основным методом разработки норм расхода смазочных материалов является расчетно-аналитический метод, который сочетают с опытным и расчетно-статистическим методами.

В состав индивидуальных норм включают неизбежные расходы смазочных материалов, связанные с обеспечением работоспособности исправных узлов, агрегатов и систем машины. К их числу относят расход на периодическую замену смазочных материалов, восполнение утара (для моторных масел), (потери при выполнении регламентных работ и вследствие испарения. Неизбежные затраты периодически восполняют дозаправкой систем смазки машины.

Опытный метод применяют при определении нормативных составляющих по данным, полученным в результате испытаний. При этом испытываемая машина должна быть технически исправной, а режимы ее эксплуатации должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

Расчетно-статистический метод основан на использовании эксплуатационной документации заводов-изготовителей машин и статистических данных о расходе материалов за предыдущие два-три года. При этом очевидно, что точность этого метода зависит от наличия и объема исходных данных.

Расчет норм расхода смазочных материалов в зависимости от режима нагружения является одним из наиболее эффективных методов определения индивидуальных норм расхода моторных и гидравлических масел. Их (нормы) определяют с учетом конструктивных особенностей и технического состояния смазываемых механизмов, а также режимов их эксплуатации. Общий расход за цикл, т. е. за время работы масла между заменами, кг,

$$Q_0 = Q_3 + \sum q, \quad (4.13)$$

где Q_3 – расход масла, залитого при заправке, кг;

$\sum q$ – расход масла, доливаемого в течение цикла взамен испарившегося или вытекшего, кг.

Фактический расход угоревшего масла за цикл работы, кг,

$$Q_y = \sum q + (Q_3 - Q_{\text{сл}}), \quad (4.14)$$

где $Q_{\text{сл}}$ – расход слитого масла, кг.

Часовой расход моторного масла в двигателе, кг/ч,

$$Q_m = 10^{-3} k_m q_m N_n + \frac{G_3}{T_p}, \quad (4.15)$$

где k_m – коэффициент, учитывающий износ цилиндров, поршневых колес и подшипников;

q_m – удельный расход масла, рекомендованный заводом-изготовителем, г/кВт·ч;

N_n – номинальная мощность двигателя, кВт;

G_3 – масса масла, заливаемого в систему, кг;

T_p – продолжительность эксплуатации масла, ч.

Индивидуальные нормы расхода смазочных материалов, кг/ч, можно также рассчитывать по формуле

$$H = H_{zi} + H_{di}, \quad (4.16)$$

где H_{zi} – расход смазочных материалов на периодическую замену у машины i -го типа, кг/ч;

H_{di} – расход смазочных материалов на дозаправку машины i -го типа, кг/ч.

Величину расхода любого смазочного материала на периодическую замену для конкретной модели машины определяют расчетным путем, поскольку она полностью зависит от конструктивных параметров машины и вида ее технического обслуживания.

Расход смазочных материалов на периодическую замену, кг/ч,

$$H_{zi} = \sum_{j=1}^{l_i} \frac{V_{ij} n_i}{t_i}, \quad (4.17)$$

где l_i – число масляных емкостей смазочных материалов у машины i -го типа.

V_{ij} – объем j -й заправочной емкости смазочного материала i -го типа, кг;

n_i – количество полных регламентированных замен смазочных материалов у машины i -го типа за расчетный период;

t_i – продолжительность наблюдений за расходом смазочных материалов у машины i -го типа, ч.

Величину расхода смазочного материала на дозаправку (долив) машины определяют опытным методом, поскольку она зависит от многих факторов, в том числе от технического состояния машины, условий ее эксплуатации и качества техобслуживания.

Расход смазочных материалов на дозаправку, кг/ч,

$$H_{di} = \frac{1}{m_i} \sum_{g=1}^{m_i} \frac{Q_{ig}}{t_i}, \quad (4.18)$$

где m_i – количество машин i -го типа, подвергнутых наблюдениям при контроле расходования смазочных материалов;

Q_{ig} – количество смазочного материала, израсходованного на дозаправку g -й машины i -го типа, кг;

g – машина i -го типа, подвергнутая наблюдениям за расходованием смазочных материалов;

t_i – продолжительность наблюдений за расходованием смазочного материала машиной i -го типа, ч.

Продолжительность наблюдений t_i расходования смазочных материалов машиной i -го типа устанавливают большей, чем срок смены смазочного материала данной марки.

Групповые нормы расхода определяют в основном расчетно-аналитическим методом с учетом индивидуальных норм расхода смазочных материалов, структуры парка путевых машин, а также условий их эксплуатации. Размерность групповых норм расхода – это масса (или объем) смазочного материала, отнесенная ко времени выполняемой работы.

Групповую норму расхода моторных, промышленных, трансмиссионных и других масел, кг/ч, определяют по формуле

$$H = K \cdot \bar{H} = K \frac{\sum_{i=1}^P H_i W_i}{\sum_{i=1}^P W_i}, \quad (4.19)$$

где K – интегральный нормативный коэффициент, учитывающий расходы смазочных материалов в условиях, отличающихся от планируемых;

$\bar{H}$ – расчетная средневзвешенная норма расхода смазочного материала, кг/ч;

H_i – индивидуальная норма расхода смазочного материала у машины i -го типа конкретной техники, кг/ч;

W_i – планируемое время работы (режим) машины i -го типа, потребляющей смазочные материалы, ч;

P – количество i -х типов машин, эксплуатируемых на данном предприятии.

Интегральный нормативный коэффициент K , учитывающий отклонения планируемых условий от принятых при расчете индивидуальных норм, определяют расчетно-аналитическим методом на основе данных о фактиче-

ских расходах смазочных материалов и объемах работ, выполненных за несколько лет. Его оценивают по формуле

$$K = \frac{\Phi}{\sum_{i=1}^P H_i W_{\phi i}}, \quad (4.20)$$

где Φ – фактический расход смазочных материалов на предприятии в предыдущем году, кг;

$\sum_{i=1}^P H_i W_{\phi i}$ – технически необходимый расход смазочных материалов на вы-

полнение машинами заданного объема работ, кг.

Расчет норм расхода смазочных материалов по картам смазки является наиболее точным. При этом нормы расхода смазочных материалов рассчитывают по видам технического обслуживания на каждый тип машины с учетом требований технической документации, включающих карты смазок. При этом учитывают следующие повышающие и понижающие коэффициенты:

– нормы расхода масел увеличивают до 20 % для машин, находящихся в эксплуатации более 8 лет;

– нормы расхода масел и смазок снижают на 50 % для машин, находящихся в эксплуатации менее трех лет.

В общем виде норму расхода эксплуатационных материалов, кг, находят по формуле

$$B = b_{\text{тех}} q_{\text{отх}} q_{\text{пот}}, \quad (4.21)$$

где $b_{\text{тех}}$ – полезный расход материала, кг;

$q_{\text{отх}}$ – отходы, обусловленные видом техобслуживания или ремонта, относ. един.;

$q_{\text{пот}}$ – неизбежные потери материала, относ. един.

При расчете нормы по моторным маслам к расходу, рассчитанному по формуле (4.21), добавляют расход масел на угар, который можно определить по формуле (4.14).

Расход эксплуатационных материалов для всех видов ремонта устанавливают в количестве, равном объему одной заправочной емкости системы смазки конкретного агрегата машины.

Применительно к СПС описанные методы используют, как правило, в комбинированном варианте, поскольку они дополняют друг друга. Наиболее рационально использовать метод расчета по картам смазки, поскольку для его реализации не требуется применение специальных оборудования и средств.

4.4 Материалы для технического обслуживания

Расходы на топливо-смазочные материалы (ТСМ) являются одними из основных эксплуатационных расходов (до 30 %). Их сорт, марка и качество должны соответствовать конструктивно-техническим характеристикам машин, а также особенностям и условиям их эксплуатации. В противном случае возможен перерасход ТСМ и ухудшение экологической обстановки, а также снижение работоспособности и надежности агрегатов и узлов машин.

Дизельное топливо (ДТ). Подавляющее большинство силовых установок СПС оснащают дизельными ДВС, потребляющими дизельное топливо, воспламенение которого в двигателе происходит без искры в результате сжатия воздушной смеси и последующего впрыска топлива. Оно представляет собой горючую смесь различных углеводородов, получаемую при переработке нефти и газовых конденсатов и имеющую температуру кипения 200–350 °С.

ДТ должны отвечать жестким требованиям, которые обеспечивают надежную работу двигателей путевых и других мобильных машин. К числу основных относятся требования:

- обеспечивать легкий пуск двигателя при любых температурах;
- обеспечивать хорошее смесеобразование в цилиндрах двигателя;
- образовывать минимальное количество отложений и нагара;
- содержать минимальное количество токсичных компонентов и присадок;
- иметь высокий уровень противоизносных и противокоррозионных свойств, не содержать воды и механических примесей.

Для реализации требований потребителей ДТ следует учитывать наиболее важные эксплуатационные свойства топлива, в их числе прокачиваемость, низкотемпературные характеристики, воспламеняемость, химическая стабильность и склонность к образованию отложений, а также экологические и противоизносные показатели.

Прокачиваемость, обеспечивающая надежную работу топливного насоса высокого давления дизеля, зависит от низкотемпературных свойств ДТ. Понижение температуры до предельных значений влечет за собой нарушение подачи топлива в системе питания двигателя. Эти свойства характеризуют температуры помутнения и застывания, а также предельная температура фильтруемости топлива.

Температура помутнения – температура, при которой топливо теряет прозрачность из-за начала кристаллизации углеводородов, но еще сохраняет текучесть.

Температура застывания – температура, при которой топливо полностью теряет текучесть.

Предельная температура фильтруемости (ПТФ) – предельно низкая температура, при которой топливо полностью теряет способность прокачки

через фильтр. Как правило, ПТФ ниже температуры помутнения, но выше температуры застывания.

Кроме того, прокачиваемость зависит от содержания механических примесей и воды. Механические примеси накапливаются в топливе в процессе хранения, транспортирования и эксплуатации. К ним относятся пыль, а также продукты износа и коррозии. Примеси оказывают крайне негативное воздействие на работу топливного насоса, имеющего прецизионные пары трения: «плунжер – гильза» (зазор составляет 1,5–3,0 мкм) и «игла – распылитель форсунки». При наличии механических примесей происходит абразивное изнашивание сопряженных поверхностей, что существенно ухудшает работу насоса. Особенно значительное влияние на работоспособность ДВС оказывают тонкодисперсные взвешенные частицы размером менее 10 мкм, которые не задерживаются фильтрующими элементами и тем самым нарушают работу двигателя в целом. В экологических стандартах Евросоюза их количество строго регламентировано.

Воспламеняемость ДТ характеризуют цетановым числом (ЦТ), которое численно равно процентному содержанию цетана в такой смеси с α -метилнафталином, которая по самовоспламеняемости соответствует испытываемому топливу. ДТ должны иметь цетановое число в следующих пределах: летом – 40–45, зимой – 45–50 единиц.

Химическая стабильность топлива и его *способность не вызывать образование отложений* являются важными эксплуатационными показателями ДТ. Образование нагара и смолистых отложений зависит как от режима работы дизеля, так и от качества топлива. На процесс нагарообразования влияет наличие в топливе механических примесей и высокомолекулярных соединений, включая сернистые. В результате нагарообразования перегревается двигатель, закоксовываются форсунки и ухудшается распыление топлива.

Наиболее эффективным методом снижения образования нагара ДТ является его гидроочистка.

Противоизносные и противокоррозионные характеристики зависят от содержания в топливе примесей (поверхностно-активных веществ, высокомолекулярных соединений, специальных присадок, воды и механических примесей). Наибольший отрицательный эффект имеют механические примеси, вызывающие абразивный износ сопрягаемых поверхностей деталей топливной аппаратуры. Наличие воды обуславливает электрохимическую коррозию деталей топливной аппаратуры. В экологически чистых видах топлива, соответствующих высокому экологическому классу, примеси отсутствуют.

Экологические характеристики связаны с токсичностью топлива и продуктов его сгорания. В 2015 году дизтопливо на постсоветском пространстве попытались привести в соответствие с европейским стандартом и разделили на экологические классы, которые зависят от содержания в нем серы. Если количество серы превышает предельно допустимое количество,

такое топливо не рекомендуется использовать, поскольку увеличивается загрязнение окружающей среды и ускоряется износ всей топливной системы.

Согласно Техническому регламенту Таможенного союза (Беларусь, Россия и Казахстан) ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» в обозначении марки дизтоплива учитывают два фактора: климат и экологию.

1 Климатические условия применения:

Л – летнее (температура фильтруемости T_{ϕ} не определяется);

Е – межсезонное ($T_{\phi} \leq -15^{\circ}\text{C}$);

З – зимнее ($T_{\phi} \leq -20^{\circ}\text{C}$);

А – арктическое ($T_{\phi} = \leq -38^{\circ}\text{C}$).

2 Экологический класс дизельного топлива:

К2 – содержание серы ≤ 500 мг/кг;

К3 – ≤ 350 мг/кг;

К4 – ≤ 50 мг/кг;

К5 – < 10 мг/кг.

В настоящее время используют топливо только класса К5 (и в летнем, и в зимнем вариантах).

Помимо этой маркировки в Таможенном Союзе используют сорта и классы дизтоплива. Их обозначения не сокращают и указывают полностью, чтобы можно было понять, для какой климатической зоны подходит соответствующее топливо.

Для умеренного климата используют сорта:

А – с предельной температурой фильтруемости $T_{\phi} \leq +5^{\circ}\text{C}$;

В – $T_{\phi} \leq 0^{\circ}\text{C}$;

С – $T_{\phi} \leq -5^{\circ}\text{C}$;

Д – $T_{\phi} \leq -10^{\circ}\text{C}$;

Е – $T_{\phi} \leq -15^{\circ}\text{C}$;

Ф – $T_{\phi} \leq -20^{\circ}\text{C}$.

Для арктического климата используют классы:

Класс 0 – $T_{\phi} \leq -20^{\circ}\text{C}$;

Класс 1 – $T_{\phi} \leq -26^{\circ}\text{C}$;

Класс 2 – $T_{\phi} \leq -32^{\circ}\text{C}$;

Класс 3 – $T_{\phi} \leq -38^{\circ}\text{C}$;

Класс 4 – $T_{\phi} \leq -44^{\circ}\text{C}$.

В Беларуси действует стандарт СТБ 1658 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия», который регламентирует требования к качеству дизтоплива. Оно (качество) соответствует:

– требованиям упомянутого технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011 в отношении топлива экологического класса К5;

– требованиям европейского стандарта EN 590:2013 Automotive fuels – Diesel-Requirements and test methods (Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические требования и методы испытаний), включая последующие поправки к нему и дополнительные требования (т. е. Евро-6).

По мнению производителей, отечественное дизельное топливо является максимально безвредным для окружающей среды.

Для эксплуатации в условиях умеренного климата выпускают следующие сорта летнего и зимнего топлива:

ДТ-Л-К5, сорт С ($T_{\phi} \leq -5$ °C);

ДТ-З-К5, сорт F ($T_{\phi} \leq -20$ °C).

Для эксплуатации в условиях арктического и холодного зимнего климата выпускают следующие классы топлива:

ДТ-З-К5, класс 0 ($T_{\phi} \leq -20$ °C);

ДТ-З-К5, класс 1 ($T_{\phi} = -26$ °C);

ДТ-З-К5, класс 2 ($T_{\phi} \leq -32$ °C);

ДТ-А-К5, класс 4 ($T_{\phi} \leq -44$ °C).

В качестве примера приведем марку ДТ-З-К5. Согласно ТР ТС 013/2011 оно обозначает дизельное топливо автомобильное зимнее экологического класса 5 (производители считают, что он соответствует Евро-5).

В таблице 4.4 представлены концентрации примесей в выхлопных газах дизельного топлива в зависимости от европейского экологического стандарта. Как видно из таблицы 4.4, в последнем стандарте (Евро-6) содержание примесей в топливе сведено до минимума, что способствует меньшему воздействию на окружающую среду, снижению вибраций и шумов в двигателе, а также уменьшению расхода топлива.

Таблица 4.4 – Содержание примесей в выхлопных газах дизельного топлива

Экологический стандарт	Содержание, об. (%)			
	оксида углерода	оксида азота	оксида азота в углеводородах*	взвешенных частиц (РМ)
Euro-1	2,72 (3,16)	–	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Euro-2	1,0	–	0,7	0,08
Euro-3	0,64	0,5	0,56	0,05
Euro-4	0,5	0,25	0,3	0,025
Euro-5	0,5	0,18	0,23	0,005
Euro-6	0,5	0,08	0,17	0,005
*В полициклических ароматических углеводородах (ПАУ, ТНС и НМНС). Примечание – РМ – частицы с размерами менее 10 мкм.				

Альтернативное топливо. Индустриальные страны, потребляющие в широких масштабах топливо на основе нефтепродуктов, давно и успешно ведут работы по созданию других видов топлива, в том числе биотоплива. Самыми перспективными считают топливо, получаемое из растительных масел (под-

солнечного, хлопкового, соевого, льняного, пальмового и др.) и в первую очередь – из масла рапсового. Их используют в исходном виде и после химической обработки, а также в смеси с нефтяными топливами или спиртами.

Главным достоинством топлива, получаемого из рапсового масла, является практически полная биоразлагаемость. Содержащиеся в нем 10–12 мас. % кислорода позволяют заметно уменьшить выбросы в атмосферу таких вредных веществ, как углеводород и сажа, а также оксидов азота – из-за снижения температуры сгорания. Кроме того, рапсовое масло не содержит соединений серы и полициклических ароматических углеводородов, которые являются канцерогенными и имеются в отработанных газах топлива из нефтепродуктов.

Получаемый из рапсового масла метиловый эфир в ряде стран Европы используют в качестве самостоятельного топлива или добавки к дизельному топливу нефтяного происхождения. Например, в Германии действуют более 90 заводов по производству рапсового масла, при этом топливо «биодизель» (при соотношении компонентов дизель/эфир – 43/8) на базе метилового эфира рапсового масла выпускает более десяти предприятий. По своим физико-химическим свойствам эфир близок к стандартному дизельному топливу, что позволяет использовать штатную топливopодающую аппаратуру без внесения значительных изменений в конструкцию двигателя.

В Беларуси выпускали биодизельное топливо с 2010 года в рамках соответствующей госпрограммы, предусматривающей финансирование из бюджета. При этом производством биодизеля занимались три предприятия концерна «Белнефтехим» с общим объемом выпуска более 120 тысяч тонн. Однако с 2020 года концерн прекратил производство биодизельного топлива, поскольку его выпуск оказался убыточным.

Смазочные материалы. Для качественного техобслуживания необходим широкий спектр эксплуатационных и ремонтных материалов, в числе которых смазочные. Разнообразие механизмов, агрегатов, узлов, сопряжений, сочленений и деталей путевых машин, а также условий их эксплуатации и хранения обуславливает применение различных видов смазочных материалов: моторных, трансмиссионных и гидравлических масел, масел для гидромеханических передач, пластичных смазок и твердых смазочных материалов.

Как известно, современный машинный парк, включая СПС, является одним из крупнейших источников загрязнений окружающей среды. При сгорании топлива в атмосферу выбрасываются вместе с отработанными газами токсичные компоненты. В таблице 4.5 [20] представлены данные по содержанию токсичных компонентов в отработанных газах машин с различными типами двигателей. Из таблицы 4.5 следует, что концентрация некоторых компонентов близка и даже превышает их предельно допустимые концентрации.

Таблица 4.5 – Основные токсичные компоненты выхлопных газов двигателей машин

Компоненты	Состав газов, об. %, при работе двигателей		Предельно допустимая концентрация, мг/м ³
	дизельных	карбюраторных	
Оксиды углерода	0,01–0,50	1,0–10,0	20
Оксиды серы	0,1–0,3	≤ 0,08	10
Оксиды азота	≤ 0,6	≤ 1,0	2
Сероводород	≤ 0,05	≤ 0,04	20
Углеводороды	0,01–0,50	0,02–0,45	5
Бензопирен	≤ 0,1	≤ 0,3	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Тетраэтилсвинец	–	≤ 0,1	$5,0 \cdot 10^{-4}$

Содержание токсичных компонентов в выхлопных газах зависит от многих факторов, в том числе от режима работы и перегрузки двигателя, эффективности технического обслуживания и др. В процессе эксплуатации машин ухудшаются условия смазки, нарушается взаимосвязь между отдельными деталями, возрастают динамические нагрузки вследствие износа, увеличиваются зазоры в сопряжениях, что в конечном счете способствует увеличению вредных выбросов в атмосферу. Профилактические мероприятия по сохранению работоспособности двигателей и приводов в целом в значительной степени решают проблему их экологической безопасности при эксплуатации.

Одним из факторов поддержания работоспособности СПС при техобслуживании является правильный выбор смазочных материалов, способов и режимов смазывания, высокое качество и своевременная замена смазок с учетом рекомендаций, указанных в инструкциях по эксплуатации машин.

К смазочным материалам предъявляют ряд общих требований. Они должны способствовать:

- снижению трения и изнашивания трущихся поверхностей;
- отводу тепла и выводу продуктов износа из зоны трения;
- защите деталей от коррозионного разрушения;
- обеспечению равномерного распределения давления по рабочим поверхностям деталей.

Кроме того, к каждой группе смазочных материалов предъявляют специальные требования, связанные с их назначением, а также с их агрегатным состоянием, характеристиками вязкости и термостойкости, склонностью к пенообразованию и др.

Традиционные смазочные материалы (жидкие масла, пластичные и твердые смазки) используют с учетом назначения и условий эксплуатации механизма, агрегата или сборочной единицы путевой машины.

Помимо машин, произведенных в РФ, на предприятиях Белорусской железной дороги эксплуатируют машины, изготовленные за рубежом (в Австрии и других странах). Для австрийских машин используют в основном смазочные материалы фирмы «Shell» (моторные, трансмиссионные и гидравлические масла), которые обеспечивают эффективную работоспособность различных узлов и механизмов машин. В некоторых случаях в виде исключения используют отечественные аналоги, имеющие близкие свойства.

Моторные масла способствуют снижению изнашивания трущихся поверхностей деталей двигателя и удалению его продуктов из зоны трения, отводу тепла и предохранению от коррозионного разрушения трущихся поверхностей, а также герметизации сопряжения «цилиндр – кольцо – поршень».

Для этого масла должны иметь следующие основные свойства:

- показатели вязкости, соответствующие условиям эксплуатации двигателя;
- высокий уровень противоизносных и противозадирных характеристик;
- устойчивость к термоокислительной деструкции;
- антикоррозионные свойства;
- устойчивость к вспениванию, образованию эмульсий и выпадению присадок.

Для двигателей внутреннего сгорания используют минеральные, синтетические и полусинтетические масла. Каждое из них состоит из базового масла (или масел) и набора присадок, которые вводят для улучшения эксплуатационных свойств. В современных высокофорсированных двигателях применяют только масла с присадками, которые придают им необходимые эксплуатационные характеристики. В зависимости от качества моторные масла разделяют на шесть групп (А, Б, В, Г, Д и Е), различающихся концентрацией присадок различного назначения.

Синтетические масла имеют срок службы в несколько раз больше, чем минеральные. Наибольшее распространение получили полиэфирные, полисилоксановые, фторуглеродные, полиалкиленгликоленовые и др. Они обеспечивают более высокие показатели безотказности и долговечности двигателей, поскольку имеют лучшие противоизносные, противозадирные и термоокислительные свойства. При этом снижается расход топлива на 4–5 %, что обусловлено оптимальными условиями трения деталей при работе двигателя. Однако их стоимость в два-три раза больше стоимости минеральных масел.

Для повышения качества минеральных масел в них добавляют до 30–40 % синтетических. Такие масла называют полусинтетическими. Они занимают

промежуточное положение между минеральными и синтетическими маслами как по стоимости, так и по эксплуатационным характеристикам, в частности, по стойкости к термоокислительной деструкции, вязкостно-температурным показателям и износостойкости сопряжений.

Моторные масла разделяют на масла для карбюраторных и дизельных двигателей. В их обозначении заложены показатели, которые характеризуют их вязкость и эксплуатационные свойства в зависимости от условий работы двигателей различной степени форсирования. Индекс 1 имеют масла для карбюраторных двигателей, индекс 2 – для дизелей. Однако большинство современных масел являются универсальными и применяются как для карбюраторных двигателей, так и для дизелей.

Отечественные моторные масла обозначают буквой М (моторное), цифрой, которая характеризует класс кинематической вязкости, и прописной буквой от А до Е. Например, М-10-Г₂ – масло моторное, класс вязкости 10, предназначено для высокофорсированных дизелей (типа ЯМЗ-238 и др.) в зимнее время.

Отечественные производители моторных масел в сопроводительных документах указывают, как правило, двойную маркировку – по ГОСТ 17479.1 «Масла моторные. Классификация и обозначение», а также по международной системе классификации (SAE и API).

В международной общепризнанной системе моторные масла классифицируют по двум показателям: *по вязкости* (разработка SAE – Society of Automotive Engineers – Содружества американских инженеров) и *по эксплуатационным характеристикам* (разработка API – American Petroleum Institute – Американского нефтяного института).

В таблице 4.6 представлены моторные масла отечественных и иностранных производителей, которые соответствуют по назначению и эксплуатационным характеристикам.

Имеются и другие классификации. В частности, Ассоциация европейских производителей (ACEA – Association des Constructeurs Europeens des Automobiles) разделяет масла по следующим показателям: *по назначению* – на категории А (для бензиновых двигателей), В (для дизелей легковых автомобилей) и Е (для дизелей грузовых автомобилей и тяжелой техники); *по эксплуатационным характеристикам* – на энергосберегающие (с индексом 1), не энергосберегающие, но с тем же уровнем качества (с индексом 2) и имеющие технические требования на перспективу (с индексом 3). Энергосберегающие масла содержат антифрикционные присадки (маслорастворимые ПАВ соединений различных металлов – в основном молибдена, реже – меди, никеля и кобальта), которые обеспечивают экономию топлива и уменьшают износ деталей двигателя.

Таблица 4.6 – Соответствие моторных масел отечественных и иностранных производителей

Группа масла		Область применения
по ГОСТ 17479.1	по API	
B ₂	CB	Среднефорсированные дизели
B	SD/CB	Среднефорсированные дизели и карбюраторные двигатели
Г ₂	CC	Высокофорсированные дизели без наддува
Г	CE/CC	Высокофорсированные дизели и карбюраторные двигатели без наддува
Д ₂	CD	Высокофорсированные дизели с наддувом
–	SF/CD	Дизели и карбюраторные двигатели (универсальные масла)
–	SF/CE	Дизели и карбюраторные двигатели (универсальные масла)
<i>Примечание – API – Американский институт нефти.</i>		

Замену масел осуществляют в сроки, предусмотренные инструкциями по эксплуатации путевых машин, поскольку расход масел значительно (до 20 %) возрастает для двигателей, которые выработали свой ресурс.

Трансмиссионные масла предназначены для смазывания механических и гидромеханических трансмиссий. Их используют для уменьшения износа, охлаждения и защиты от коррозии деталей коробок передач, ведущих мостов, раздаточных коробок, бортовых редукторов, рулевых механизмов, а также фрикционных механизмов. Состав и свойства трансмиссионных масел зависят от режимов эксплуатации и конструкции трансмиссии. Их условия работы значительно отличаются от моторных масел, поскольку трансмиссионные масла не соприкасаются с горячими поверхностями и не контактируют с продуктами сгорания топлива. Однако они работают при высоких нагрузках (до 2000–4000 МПа), скоростях скольжения до 25 м/с и рабочих температурах до 150 °С (в зонах контакта до 400 °С).

Для обеспечения работоспособности трансмиссий масла должны иметь следующие основные свойства:

- высокий уровень противоизносных, противозадирных и противопиттинговых характеристик;
- термоокислительную стабильность и антипенные свойства;
- необходимую степень вязкости при заданных нагрузках и температурах;
- антикоррозионные характеристики;
- нетоксичность.

Для трансмиссий путевых машин используют минеральные, синтетические и полусинтетические масла. В зависимости от условий эксплуатации масла бывают летними, зимними, всесезонными и др. Для улучшения эксплуатационных

характеристик в их состав вводят различные присадки (антифрикционные, противоизносные и противозадирные, антикоррозионные и др.).

При эксплуатации машин в условиях отрицательных температур допускается добавление в масла до 20 % арктического или зимнего топлива, которое практически не влияет на эксплуатационные свойства трансмиссионных масел.

Трансмиссионные масла классифицируют по следующим основным показателям:

- *по назначению* – общего назначения (для зубчатых передач), универсальные (для трансмиссий и гидроусилителей рулевого управления), гипоидные (для конических передач с гипоидным зацеплением), для гидромеханических передач с гидрообъемным и гидродинамическим компонентами;
- *по эксплуатационным свойствам* – на пять групп (ТМ-1–ТМ-5) для применения в трансмиссиях мобильной техники;
- *по кинематической вязкости* (при температуре 100 °С) – на четыре класса (9, 12, 18 и 34).

Отечественные трансмиссионные масла должны отвечать требованиям ГОСТ 17479.2 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение». Их маркируют следующим образом: ТМ – трансмиссионное масло; первая цифра – группа масла (т. е. уровень качества масла); вторая цифра – класс вязкости. (После класса вязкости могут быть уточняющие буквенные обозначения: з – загущенное; к – консервационное; рк – рабоче-консервационное).

Отечественные трансмиссионные масла имеют, как и моторные масла, двойную маркировку: по ГОСТ 17479.2 и по международной классификации. В таблице 4.7 представлены сведения по соответствию масел различных производителей по назначению и эксплуатационным свойствам. Все перечисленные масла содержат различные присадки в зависимости от условий эксплуатации трансмиссии, том числе антипенные, антифрикционные, противозадирные и противоизносные.

Таблица 4.7 – Соответствие трансмиссионных масел отечественных и зарубежных производителей

Группа масел		Область применения	Фирма, марка масла
по ГОСТ 17479.2	по API		
ТМ-1	GL-1	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла 90 °С	Shell, Dentax 90 Mobil, Mobilube C 90
ТМ-2	GL-2	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла до 130 °С	Shell, Spirax EP 80W BP*, Gear Oil 80EP

Окончание таблицы 4.7

Группа масел		Область применения	Фирма, марка масла
по ГОСТ 17479.2	по API		
TM-3	GL-3	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла до 150 °С	Shell, Spirax EP 90W Mobil, Mobilube CX 90
TM-4	GL-4	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла до 150 °С	BP, Gear Oil GP 90 Caltex, Thuban 90
TM-5	GL-5	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла до 150 °С	Shell, Spirax EP 75W BP, Gear Oil 75 W EP
—	GL-6	Гипоидные передачи, работающие с длительными ударными нагрузками при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла до 150 °С	Shell, Spirax ND 90 Mobil, Mobilube ND 90
* British Petroleum (до 2001 г.)			

Как видно из таблицы 4.7, ужесточение условий эксплуатации требует применения более активных присадок. Так, масла марки GL-3 содержат присадки с умеренными противозадирными свойствами, GL-4 – противозадирные присадки средней активности, GL-5 – присадки с активными противозадирными и противоизносными свойствами, а GL-6 – высокоэффективные противозадирные и противоизносные присадки.

В процессе эксплуатации масла утрачивают свои первоначальные показатели (вязкость, стойкость к окислению, противоизносные и другие свойства) из-за высоких механических нагрузок и температурных режимов, а также накопления продуктов износа и загрязнений. Периодичность замены масла зависит от назначения и условий эксплуатации машины, конструкции трансмиссии и качества масел, она регламентирована в инструкциях по эксплуатации путевых машин.

Значительное влияние на работоспособность масел оказывает защита трансмиссий от загрязнений и воды, наличие которых резко снижает эксплуатационные характеристики любого масла, увеличивая в несколько раз износ элементов трансмиссий.

Масла для гидромеханических передач используют в качестве рабочих жидкостей в гидродинамических передачах (гидромуфтах или гидротрансформаторах), обеспечивающих передачу механической энергии двига-

теля к исполнительным механизмам. К ним предъявляют более жесткие требования по сравнению с трансмиссионными маслами, что связано со спецификой работы гидромеханических коробок передач и условиями эксплуатации масел. В их числе высокая температура в картерах гидромеханических коробок (до 150 °С) и большие скорости движения масла (до 100 м/с), что способствует пенообразованию и окислению масел. Поэтому они должны эффективно отводить тепло, предотвращать коррозию, снижать износ деталей, препятствовать окислению, не вспениваться и сохранять работоспособность в интервале температур от –40 до 150 °С.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик в масла вводят комплексы присадок: противоизносных, антикоррозионных, противоокислительных, антипенных и моющих.

Отечественные масла разделяют на три группы (А, Р и МГТ), которые различаются условиями эксплуатации.

Гидравлические масла являются рабочими жидкостями в элементах гидропривода, обеспечивающими передачу механической энергии двигателя исполнительным механизмам через гидрообъемную передачу «гидронасос – гидромотор».

В гидрообъемных передачах масла работают в условиях значительных перепадов температур, давлениях, превышающих 25 МПа, и скоростях скольжения до 20 м/с.

Они должны иметь оптимальную для конкретных условий эксплуатации вязкость, антиокислительные, антикоррозионные, противоизносные и антипенные свойства. Эти характеристики достигают введением в базовые масла набора соответствующих присадок.

Отечественные гидравлические масла должны соответствовать требованиям ГОСТ 17479 «Масла гидравлические. Классификация и обозначение». Их классификация и система обозначений соответствуют международному стандарту ISO 3448 и основаны на показателях вязкости и эксплуатационных свойств масел. Гидравлические масла классифицируют по следующим признакам:

- по *кинематической вязкости* (при 40 °С) – на десять классов (5, 7, 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, 150);

- по *эксплуатационным свойствам* – на три группы:

- А – масла без присадок для работы при температуре ниже 80 °С и давлении 15 МПа;

- Б – масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками для работы при температуре выше 80 °С и давлении до 25 МПа;

- В – масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками для работы при температуре выше 90 °С и давлении больше 25 МПа.

Их обозначают с помощью трех групп знаков: первая – МГ (минеральное гидравлическое); вторая – *класс вязкости*; третья – *группа эксплуатационных свойств*. Например, МГ-46з-Б означает: МГ – минеральное гидравлическое масло; 46 – класс вязкости; з – загущающая присадка; Б – группа масла для эксплуатации в гидросистемах с насосами всех типов при давлениях до 25 МПа и температурах до 90 °С.

В таблице 4.8 приведены сведения о гидравлических маслах.

Таблица 4.8 – Рекомендуемые области применения гидравлических масел

Группа масел		Область применения	Присадки
по ISO	по ЭС*		
НН	А	Гидросистемы с шестеренными и поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла до 80 °С	–
НЛ	Б	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла до 90 °С	Антиокислительные, антикоррозионные
НМ	В	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении свыше 25 МПа и температуре масла свыше 90 °С	Антиокислительные, антикоррозионные, противоизносные
* Эксплуатационные свойства масел.			

Для австрийских путевых машин фирмы «Plasser & Theurer» их производитель рекомендует смазочные материалы марки «Shell» (моторные, трансмиссионные и гидравлические масла), которые обеспечивают эффективную работоспособность различных узлов и механизмов машин.

В качестве гидравлических жидкостей применяют минеральное масло марки Shell TELLUS STX 46, которое обеспечивает износостойкость трущихся поверхностей и сохраняет стабильными показатели при перепадах температур. По рекомендациям производителя масел не допускается его смешение с другими жидкостями.

Помимо этого масла используют биологически разлагаемую гидравлическую жидкость марки PANOLIN HLP-SYNTH 46, которая является полностью синтетической высококачественной жидкостью. Ее также не допускается смешивать с другими маслами. При переходе от минерального масла к синтетическому остаточная доля минерального масла не должна превышать 8 мас. %

Эти рабочие жидкости должны иметь вязкость, чистоту и содержание воды, которые удовлетворяют жестким требованиям производителя машин компании «Plasser & Theurer»:

– допустимое уменьшение вязкости не должно превышать 10 %;

– рабочие температуры гидросистем путевых машин при длительной эксплуатации должны составлять не более 80 °С (с краткосрочным повышением температуры до 85 °С);

– содержание воды не должно превышать 0,1 мас. %;

– предельное количество загрязнений не должно превышать 1 мг твердых частиц на литр рабочей жидкости, что достигается применением фильтров с тонкостью фильтрации до 10 мкм.

В некоторых случаях в австрийских машинах в виде исключения используют отечественные масла, имеющие близкие свойства.

Смазочные масла с наноприсадками. Относительно недавно (по историческим меркам) сформировалась отдельная группа смазочных материалов, содержащих наноприсадки и обладающих специальными свойствами.

Наноприсадки – это взвеси твердых наночастиц в жидкостях (жидких маслах), а *наночастицы* – это комплексы атомов, размеры которых составляют 1–100 нм.

Единичные наночастицы обладают набором уникальных прочностных, физических, химических и других свойств. Например, твердость наносфер (диаметром 20–50 нм) в четыре раза превосходит твердость природного аналога (50 и 12 ГПа соответственно). Аномально высокий уровень свойств наночастиц обусловлен двумя основными причинами, связанными с размерным фактором: во-первых, соизмеримостью наночастиц с параметрами, определяющими многие физические свойства твердых тел (длиной свободного пробега электронов, длиной волны упругих колебаний, размером магнитных доменов в ферромагнетиках и др.); во-вторых, увеличением концентрации активных поверхностных атомов с уменьшением размера частиц.

Помимо традиционных функций, смазочные материалы с наноприсадками способствуют восстановлению ресурса и работоспособности изношенных элементов двигателей и трансмиссий, т. е. выполняют роль ремонтно-восстановительных материалов.

Наночастицы, введенные в смазочные материалы, оказывают комплексное воздействие на узлы трения, увеличивая их долговечность за счет формирования разделительных слоев между трущимися поверхностями и упрочнения поверхностей трения, обеспечения стабильности реологических характеристик смазочного слоя в расширенном температурном интервале, а также уменьшения шероховатости. В качестве модифицирующих добавок используют наноразмерные частицы различных по природе материалов. В их числе металлы (Al, Ni, Cu, Mo, W, Ti, Pb) и их сплавы, оксиды металлов (Ti, Al, Cu, Zn, Mg), а также керамика (SiN, SiC, AlN), силикаты и углеродные нанотрубки (фуллерены). Известно несколько сотен наноструктурных ремонтно-восстановительных составов для продления ресурса работы агрегатов и узлов машин. При введении таких составов в зону трения в про-

цессе работы на трущихся поверхностях образуются износостойкие защитные слои (металлические, металлокерамические и др.) с размеров зерен до 30 нм, которые значительно увеличивают послеремонтный ресурс агрегатов.

Наноприmesi (например, на основе оксида циркония) добавляют в дизельное топливо, что позволяет на 4–5 % повысить КПД двигателя и снизить степень загрязнения выхлопных газов.

Между тем ремонтно-восстановительные составы с наноприсадками еще не нашли широкого применения в путевой технике, хотя их эффективность доказана на многочисленных примерах в области автотранспортных средств.

Пластичные (консистентные) смазки предназначены в основном для применения в узлах трения с большими удельными нагрузками и малыми скоростями, а также в узлах, доступ к которым затруднен. При правильном выборе смазочных материалов многие узлы трения механизмов способны функционировать при одноразовой смазке в течение длительного времени (несколько тысяч часов эксплуатации), что нередко соответствует сроку службы самого механизма. В подавляющем большинстве случаев (~80 %) смазки используют в качестве антифрикционных материалов для уменьшения износа и предотвращения заедания деталей в узлах трения. Они также находят применение в качестве противокоррозионных, консервационных, уплотнительных и герметизирующих материалов.

Пластичные смазки содержат три базовых компонента:

- масляную основу (дисперсионную среду) – 70–90 %;
- твердый загуститель (дисперсную фазу) – 8–25 %;
- функциональные добавки (присадки, наполнители, модификаторы) – 1–15 %.

Твердые частицы загустителя (дисперсной фазы), сцепляясь между собой, образуют трехмерный пространственный каркас, в ячейках которого удерживается масло. Поэтому при малых нагрузках пластичные смазки ведут себя как твердые тела, а при больших, превышающих прочность структурного каркаса (300–1500 Па), текут, как вязкие жидкости. После снятия нагрузки они снова ведут себя подобно твердым телам. Эти свойства обуславливают способность пластичных смазок удерживаться на открытых и движущихся поверхностях (в том числе вертикальных), а также заполнять зазоры между трущимися поверхностями, препятствуя проникновению в них абразивных частиц из окружающей среды. В основном их предпочитают использовать в открытых и негерметизированных узлах трения (включая труднодоступные), а также в подвижных уплотнениях и сочленениях (манжетах, резьбовых соединениях, подшипниках скольжения и др.).

Недостатки пластичных смазок (одновременно продолжение их достоинств) – это сохранение в каркасе дисперсной фазы продуктов изнашивания трущихся поверхностей и малоэффективный отвод тепла.

Масляная основа (дисперсионная среда) – это нефтяные масла, реже – синтетические масла и их смеси, еще реже – растительные масла.

Твердый загуститель (дисперсная фаза) – это в основном металлические (Ca, Na, Li, Ba, Al, Zn, Mg) мыла – соли высокомолекулярных жирных кислот. Эти загустители (мыла) образуют структурный каркас смазки, в котором удерживается масло. На долю мыльных смазок приходится более 80 % объема всего выпуска пластичных смазок. Остальные 20 % – это углеводородные, неорганические и органические смазки.

Функциональные добавки (присадки, наполнители и др.) вводят для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик смазок. Для улучшения основных свойств в смазки вводят такие же по назначению присадки, как и в трансмиссионные масла (противоизносные, противозадирные, антикоррозионные, противоокислительные и др.). Предпочтение отдают multifunctional присадкам.

Действие противоизносных и противозадирных присадок основано на их химическом взаимодействии с трущимися поверхностями с образованием химических соединений в виде защитных пленок, обеспечивающих снижение износа, устранение заедания и уменьшение коэффициента трения.

Наполнители также способствуют улучшению эксплуатационных характеристик смазок. В основном применяют порошкообразные наполнители, которые не растворяются в дисперсионной среде и могут обеспечить реализацию низкого коэффициента трения в узлах механизмов. В их числе графит и дисульфид молибдена, порошки мягких металлов и сплавов (Al, Cu, Pb, Sn, бронза, латунь и др.), оксиды металлов (Ti, Cu, Zn и др.), некоторые полимеры (политетрафторэтилен и др.), а также комплексные соединения металлов.

К эксплуатационным характеристикам пластичных смазок относят механические свойства, стабильность структуры и состава, стойкость к воздействию внешних факторов. В их числе предел прочности смазки – минимальное напряжение, при котором происходит разрушение ее структурного каркаса. Как было отмечено, в зависимости от типа смазки предел прочности составляет 300–1500 Па.

Пластичная смазка представляет собой мазеобразное вещество, которое при повышении температуры плавится и расслаивается. Ее рабочий температурный интервал определяется температурой плавления и температурой разложения загустителя. Пластичные смазки способны выдерживать значительные нагрузки без выдавливания из узлов трения. По сравнению с маслами они имеют меньшую зависимость вязкости от температуры и лучшие противоизносные и противозадирные свойства.

Классификация, обозначение и области применения пластичных смазок регламентированы ГОСТ 23258 «Смазки пластичные. Наименование и обозначение». Их разделяют на четыре группы: антифрикционные, консервационные, канатные и уплотнительные.

Наиболее распространенными (как уже было отмечено – 80 % всех смазок) являются **антифрикционные смазки**, которые в свою очередь подразделяют на 12 подгрупп:

- С – общего назначения для температур не более 70 °С (солидолы);
- О – общего назначения для повышенных температур (до 110 °С);
- М – многоцелевые для температур от –30 до +130 °С в условиях повышенной влажности;
- Ж – жаростойкие (термостойкие) для температур до 150–250 °С;
- Н – низкотемпературные (морозостойкие) для температур до –50 °С;
- И – противозадирные и противоизносные;
- Х – химически стойкие;
- П – приборные для узлов трения приборов и точных механизмов;
- Т – трансмиссионные;
- Д – приработочные;
- У – узкоспециализированные;
- Б – брикетные (смазка в виде брикетов).

Консервационные (защитные) смазки (З) используют для предотвращения коррозии металлов при хранении, транспортировании и эксплуатации машин.

Канатные смазки (К) применяют для смазки канатов и пропитки сердечников.

Уплотнительные смазки используют для герметизации зазоров, соединений и др.:

- А – арматурные (для запорных арматур и сальников);
- Р – резьбовые;
- В – вакуумные (для соединений и вакуумных устройств).

Пластичные смазки обозначают при помощи пяти индексов (по ГОСТ 23258), которые указывают следующее: группу или подгруппу в зависимости от назначения; тип загустителя (например, Ал – алюминиевое мыло); температурный интервал применения в виде дроби, уменьшенный в 10 раз (в числителе – минимальная, в знаменателе – максимальная температура); дисперсионную среду (строчными буквами); консистенцию (пенетрацию) смазки (арабскими цифрами). *Например, СКз2/8–2 – это смазка общего назначения (солидол), загущенная кальциевым мылом, температурный интервал применения от –20 до +80 °С, приготовленная на нефтяном масле, консистенции 265–295 единиц при 25 °С.*

В таблице 4.9 приведены сведения о некоторых наиболее распространенных смазках отечественного и зарубежного производства.

Механизмы путевых машин зарубежных производителей целесообразно обрабатывать смазками, которые рекомендованы инструкциями по их эксплуатации.

Таблица 4.9 – Соответствие марок отечественных и зарубежных пластичных смазок

Отечественная смазка	Смазки зарубежных фирм			
	Shell	Mobil	BP	Exxon
Солидол С	Uneda 2, 3; Livona 3	Mobilgrease AA 2; Greasrex D60	Enegrease C2, C3; Enegrease GP2, GP3	Classis XX; Casar K2
ЦИА-ТИМ-201	Aeroshell Grease 6	Mobilgrease BRB Zero	–	Beacon 325
Литол-24	Alvavia R3 Cyprina RA	Mobilux 3	Enegrease L2; Multi purpose	Beacon 3
ЦИА-ТИМ-221	Aeroshell 22C	Mobilgrease 28	–	Araren BC 290

Твердые смазочные материалы имеют специфические свойства, отличающие их от традиционных жидких смазок, а именно высокое сопротивление воздействию нормальных нагрузок и низкое сопротивление сдвигу, что обусловлено их слоистой структурой. Наибольшее распространение имеют графит и дисульфид молибдена (MoS_2), в меньшей степени – дисульфид вольфрама (WS_2) из-за его высокой стоимости.

Графит является высокотемпературным смазочным материалом, который обладает низким сопротивлением сдвигу. При трении сопряженных поверхностей, смазанных графитом, его частицы ориентируются вдоль плоскости скольжения, что обеспечивает низкий ($f = 0,03 \dots 0,04$) коэффициент трения. При этом скорость скольжения не оказывает существенного влияния на смазочную способность графита.

Дисульфид молибдена также имеет слоистую структуру. Каждый слой состоит из двух рядов атомов серы, между которыми располагается слой атомов молибдена. При введении MoS_2 между трущимися поверхностями низкое сопротивление сдвигу слоя молибдена относительно слоев серы обеспечивает низкий коэффициент трения в широком температурном интервале (от -200 до $+500$ °С).

Дисульфид вольфрама в качестве смазочного материала имеет такие же особенности трения со смещением слоев в плоскости скольжения, но при этом его несущая способность примерно в три раза выше, чем у дисульфида молибдена.

Эти материалы используют также в качестве наполнителей пластичных смазок.

Технические жидкости применяют для различных целей (охлаждения двигателя при работе, облегчения пуска двигателя при низких температурах, передачу усилий в тормозной системе и т. п.).

Охлаждающие жидкости служат для отвода тепла в двигателях. Поэтому они должны иметь низкую температуру замерзания, стабильную вязкость в

рабочем интервале температур, химическую стабильность, антикоррозионные свойства, низкую склонность к образованию осадков.

Основные ремонтные материалы, в числе которых полимеры и композиционные материалы на их основе, клеи и герметики, лакокрасочные и полимерные покрытия, рассмотрены в соответствующих разделах пособия.

Контрольные вопросы

1 В чем состоят преимущества ремонтно-профилактических мероприятий при эксплуатации машин по сравнению с производством новых машин?

2 Какие показатели надежности характеризуют эффективность мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности машин?

3 Что представляет собой техническая подготовка предприятия к работам по техническому обслуживанию и ремонту?

4 Какие работы включает технологический процесс техобслуживания путевых машин?

5 Назовите и опишите основные формы организации работ по техобслуживанию и ремонту машин с привлечением их обслуживающего персонала.

6 Какие виды планирования используют на предприятии для повышения эффективности профилактических и ремонтных работ?

7 Какие операции включает ежедневное техническое обслуживание машины?

8 Как определить количество каждого вида ремонтно-профилактического воздействия при составлении годового плана техобслуживания и ремонта путевых машин?

9 Как установить точную календарную дату постановки машины на техобслуживание или ремонт?

10 Какие исходные данные следует учитывать при определении норм расхода запасных частей на техобслуживание и ремонт?

11 Перечислите основные методы расчета норм расхода запасных частей на техобслуживание и рассмотрите их основные особенности.

12 Напишите формулу среднегодовой потребности в запчастях на машину.

13 Как рассчитывают нормы расхода смазочных материалов?

14 В чем состоят различия расчетов норм расхода смазочных материалов в зависимости от режима нагружения и по картам смазки?

15 Чем отличаются отечественные моторные масла от европейских?

16 Какой главный критерий применимости дизельного топлива?

17 Назовите виды смазочных материалов и основные требования к ним.

18 Какие свойства имеют моторные энергосберегающие масла?

19 Назовите причины аномально высокого уровня свойств наночастиц.

20 Что дает введение нанопридавок в жидкие смазочные материалы?

21 Какие основные компоненты включает пластичная смазка? Охарактеризуйте структуру и свойства пластичных смазок.

22 Опишите основные достоинства твердых смазочных материалов и чем они обусловлены?

5 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ПУТЕВЫХ МАШИН

Работоспособность путевой машины как сложного технического объекта зависит от работоспособности элементов, составляющих этот объект, т. е. систем, агрегатов, узлов и деталей. Потеря (отказ) или снижение работоспособности любого элемента ведет к потере или снижению работоспособности машины в целом. Соответственно, существующая система ППР путевых машин, обеспечивающая их работоспособность, базируется на техническом обслуживании составных частей, в том числе силовой установки и трансмиссии, ходовой части, рабочих органов и др.

5.1 Двигатели внутреннего сгорания

В приводах путевых машин в качестве силовых установок используют двигатели внутреннего сгорания (ДВС), которые передают свою механическую энергию исполнительным механизмам без ее преобразования или с преобразованием в другой вид энергии. Соответственно, силовые установки могут состоять только из первичного двигателя (ДВС) или содержать первичный и вторичный двигатели (ДВС и гидронасос, ДВС и электрогенератор, ДВС и компрессор).

ДВС работают в условиях переменных нагрузок по мощности, при большой запыленности рабочей среды и значительных колебаниях температур (от -30 до $+50$ °С). Поэтому они должны иметь запас по мощности, оснащаться улучшенными агрегатами воздухоочистки и устройствами предпускового подогрева в условиях эксплуатации при низких температурах. Кроме того, специфика эксплуатации путевых машин обуславливает ряд дополнительных требований к силовым установкам, из которых следует выделить необходимость безотказной работы механизмов и систем ДВС в период «окна».

В путевых машинах наиболее часто применяют четырех- и шестицилиндровые дизельные двигатели мощностью до 800 кВт и частотой вращения в интервале 1500–2300 мин⁻¹. Их используют в машинах как с непосредственной передачей механической энергии на исполнительные органы, так и с различными преобразователями, которые обеспечивают защиту двигателей от внешних перегрузок. По назначению их разделяют на основные (для силовых приводов, в том числе для ходовых трансмиссий), и вспомогательные двигатели (для отдельных агрегатов и рабочих органов).

О важности профилактических мероприятий по техническому обслуживанию ДВС свидетельствуют впечатляющие статистические данные еще советского периода [28]: на ДВС приходится 70 % от общего числа отказов машин. Этот объем отказов распределяется следующим образом: на систему зажигания приходится 35 %, на кривошипно-шатунный механизм – 27 %, на систему питания – 25 %, на распределительный механизм – 6 %, на систему охлаждения – 4 % и на систему смазывания – 3 %. При этом стоимость технического обслуживания и текущего ремонта в течение всего срока службы ДВС составляет 70 % затрат, идущих на изготовление и ремонт двигателя.

Упомянутые цифры относятся к советским реалиям и касаются машин советского производства (в отсутствие какой бы то ни было конкуренции). В настоящее время на отечественных предприятиях находятся в эксплуатации машины различных производителей дальнего зарубежья. Их конкурентоспособность во многом зависит от работоспособности и долговечности силовых установок, что отражается на статистике отказов. Анализ надежности узлов и агрегатов строительных и дорожных машин за продолжительный период наблюдений и сбора статистической информации [10] показывает, что двигатели являются самой надежной частью машин: на них приходится менее 0,5 % от общего числа отказов. Несомненно, такой уровень надежности и работоспособности силовых установок обеспечивается в том числе ремонтно-профилактическими мероприятиями в системе ППР.

Для реализации прогнозируемых показателей безотказности и долговечности двигателей путевых машин используют плановые профилактические мероприятия в системе ППР. В общем случае технологический процесс техобслуживания ДВС состоит из следующих операций:

- внешний уход (уборочно-моечные работы);
- техническое диагностирование механизмов и систем;
- устранение причин отклонения параметров технического состояния механизмов и систем двигателя;
- проверка готовности и работоспособности двигателя.

Диагностирование ДВС. К основным механизмам и системам ДВС относятся кривошипно-шатунный механизм, механизмы газораспределения и декомпрессии, системы смазки и охлаждения, а также система питания. Диагностирование двигателя осуществляют по параметрам рабочего процесса, в том числе по расходу топлива и топливopодаче, газообмену, расходу смазки и ее сгоранию в зависимости от износа сопряжений механизмов и систем двигателя. Соответственно, на мощность двигателя влияет износ деталей цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, износ и обгорание клапанов и седел, а также неисправности систем смазки, охлаждения и питания.

Одними из самых распространенных и надежных считают диагностические средства и приборы марок КИ (конструкции ГОСНИТИ), с помощью

которых измеряют мощность двигателей, определяют расход картерных газов и диагностируют газораспределительный механизм, определяют зазоры в головках шатуна, регулируют топливную аппаратуру и испытывают масляные насосы, диагностируют гидро- и электрооборудование. Некоторые из этих приборов разработаны более полувека назад, но по точности не уступают современным аналогам, а по соотношению «цена – точность» превосходят их.

Кривошипно-шатунный механизм содержит следующие элементы: гильзы цилиндров, поршни и поршневые кольца, коленчатый вал с шатунными и коренными подшипниками, шатуны со втулками, поршневые пальцы и маховик.

Цилиндропоршневая группа деталей кривошипно-шатунного механизма функционирует в наиболее тяжелых условиях, обусловленных высокой температурой, большими циклическими нагрузками и газовой средой. Интенсивное изнашивание деталей приводит к прорыву газов из камеры сгорания в картер, возрастанию шума и вибрации, загрязнению масла продуктами износа и его потере на угар, а также ухудшению герметичности в надпоршневом пространстве. Эти неисправности оказывают существенное влияние на работоспособность двигателя, мощность которого снижается на 15–20 %.

Соответственно, к основным показателям работоспособности цилиндропоршневой группы относят компрессию в цилиндрах, расход масла при угаре, объем прорывающихся в картер газов, утечку сжатого воздуха, а также уровень шумов, стуков и вибрации.

Диагностирование цилиндропоршневой группы кривошипно-шатунного механизма проводят в зоне камеры сгорания, в блоке цилиндров и в картере двигателя.

В зоне камеры сгорания проверяют, как правило, давление сжатия, прорыв газов в картер, утечку сжатого воздуха и разрежение в камере сгорания.

Компрессию (давление сжатия) в каждом цилиндре проверяют на прогретом двигателе специальным прибором (например, компрессометром КИ-861), который фиксирует максимальное давление сжатия при установке в свечном отверстии. Минимально допустимая величина давления составляет для дизельного двигателя 1,4 МПа (для карбюраторного 0,6–0,7 МПа). При этом разница величин давления в цилиндрах не должна превышать 0,1 МПа. Снижение давления на 40 % при нормальном состоянии клапанов свидетельствует о поломке или залегании колец в поршневых канавках либо о предельном износе колец и гильзы цилиндра. Для выявления неисправности в сопряжении кольца с гильзой повторно замеряют давление после добавления в камеру сгорания 20–25 см³ моторного масла: увеличение давления свидетельствует об износе деталей сопряжения.

Прорыв газов в картер также зависит от степени износа в сопряжении «кольцо – гильза». Объем газов измеряют на прогретом двигателе при максимальном крутящем моменте газовым расходомером (например, индикатором-расходомером КИ-4887-1 или индикатором КИ-13671), соединенным шлангами с маслосливной горловиной. Расход картерных газов зависит от типа двигателя и его наработки. Например, допустимый расход картерных газов для двигателя ЯМЗ-238Б составляет 147 л/мин при наработке 2000 моточасов и 158 л/мин при наработке 4000 ч, соответственно для двигателей А-41, СМД-14 – 88 и 95 л/мин.

Утечка сжатого воздуха и разрежение в камере сгорания характеризуют техническое состояние колец, цилиндров, прокладок головок цилиндров и сопряжения «клапан – гнездо».

Разрежение в надпоршневом пространстве определяют вакуум-анализатором КИ-5315. Наконечник прибора устанавливают в отверстие для форсунки и, прокручивая стартером коленчатый вал, определяют разрежение в цилиндре на ходе поршня, соответствующее рабочему. Герметичность камеры сгорания считается достаточной, если создается разрежение не более 0,078 МПа.

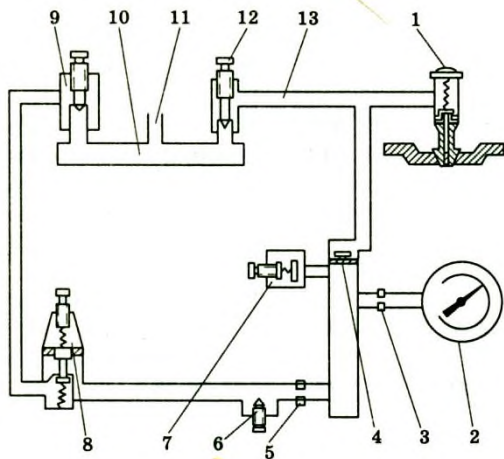


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема прибора К-69М:

- 1 – испытательный наконечник; 2 – манометр;
- 3 – демпфер; 4 – обратный клапан; 5 – калибровочное отверстие; 6 – регулировочная игла; 7 – предохранительный клапан; 8 – редуктор; 9, 12 – вентили; 10 – коллектор; 11 – впускной штуцер; 13 – тройник

Утечку сжатого воздуха проверяют для каждого цилиндра при помощи газового расходомера, например, компрессометра К-69М (рисунок 5.1). Для измерения утечки и определения места утечки наконечник 1 прибора вставляют в отверстие для форсунки. При открытом впускном вентиле 9 и закрытом вентиле 12 сжатый воздух из магистрали через штуцер 11, редуктор 8, калибровочное отверстие 5 и предохранительный клапан 7 поступает в наконечник 1, а через него – в цилиндр двигателя. Манометр 2 фиксирует относительную

утечку воздуха (в процентах к максимальному значению), величина которой характеризует техническое состояние цилиндра. Для определения места утечки перекрывают вентиль 9 и открывают вентиль 12. Выход воздуха через маслосливную горловину указывает на износ цилиндра и колец,

через воздухоочиститель – на неплотность прилегания к гнезду впускного клапана, через глушитель – на нарушение герметичности сопряжения «выпускной клапан – гнездо».

При обнаружении неплотности в клапанах или в сопряжениях «поршневое кольцо – гильза» для оценки технического состояния цилиндров замеряют утечку воздуха в двух положениях поршня: в начале такта сжатия и в его конце. Если разность утечки воздуха больше величины, указанной в нормативно-технической документации, цилиндры двигателя нуждаются в капитальном ремонте. Кроме того, по величине утечки воздуха в начале такта сжатия судят о состоянии поршневых колец и клапанов.

Работоспособность кривошипно-шатунного механизма характеризует также *радиальный зазор подшипниковых узлов*. Для оценки его технического состояния используют ряд параметров, в числе которых давление масла в главной масляной магистрали, расход масла в единицу времени, а также шум и стуки, появляющиеся в сопряжениях.

Давление масла определяют на прогретом двигателе в двух режимах: с номинальной частотой вращения коленчатого вала и на холостом ходу. При номинальной частоте вращения коленвала оно должно находиться в пределах 0,2–0,7 МПа (в зависимости от конструкции двигателя), при минимальной – составлять 0,1 МПа.

Прослушивание стуков и шумов с помощью специальных акустических приборов во многом характеризует техническое состояние элементов кривошипно-шатунного механизма. Для этих целей используют мембранные и электронные автостетоскопы, а также другие приборы. Каждому сопряжению деталей механизма присущи характерные стуки и шумы, которые могут дать информацию о неисправностях. Так, глухой, низкого тона стук в нижней части картера указывает на износ коренных подшипников; металлический звонкий стук среднего тона в средней части блока цилиндров свидетельствует об износе шатунных подшипников; ритмичный высокого тона металлический стук в верхней части блока цилиндров обусловлен износом поршневых пальцев; ритмичный металлический стук в зоне крышки головки блока связан с увеличенными зазорами в клапанном механизме.

Поскольку характер и тональность стуков изменяются с увеличением зазоров в сопряжениях деталей и зависят от режимов работы двигателя, точность оценки величины зазоров зависит от квалификации и опыта обслуживающего персонала. Для окончательного решения о состоянии проверяемых сопряжений измеряют суммарный зазор, который для различных двигателей составляет 0,3–0,5 мм.

Интегральную характеристику состояния двигателя дает спектрографический метод анализа картерного масла, с помощью которого можно оценить степень изнашивания сопряженных деталей двигателя по наличию в

масле металлических частиц (железа, хрома, никеля и других элементов) – продуктов износа материала этих деталей.

В состав работ по техническому обслуживанию кривошипно-шатунного механизма входят следующие работы: проверка и подтяжка шпилек головки блока цилиндров, других креплений и резьбовых соединений; периодическая чистка камер сгорания от нагара; проверка цилиндропоршневой группы и подшипников коленчатого вала; смена (при необходимости) поршневых колец и вкладышей подшипников коленчатого вала.

При соблюдении правил технического обслуживания и нормальных условиях работы двигателя необходимость в разборке кривошипно-шатунного механизма обычно не возникает в течение всего гарантийного срока работы двигателя. Разборку проводят только в случае крайней необходимости, поскольку при сборке сложно сохранить взаимное расположение трущихся поверхностей деталей, что приводит к их повышенному износу. Предельно допустимые зазоры в основных сопряжениях механизма указывают в инструкции по эксплуатации двигателей. Появление недопустимых зазоров сопровождается падением давления масла и возникновением характерных стуков.

Для определения работоспособности *газораспределительного механизма* проверяют состояние соприкасающихся поверхностей толкателей и клапанов, а также клапанов и посадочных мест. В качестве параметров контроля используют следующие характеристики механизма: зазор между клапаном и толкателем, герметичность сопряжения «клапан – гнездо»; состояние клапанов и посадочных мест, упругость клапанных пружин, характерные стуки в зоне подшипников распределительного вала.

Зазор между стержнем клапана и бойком коромысла должен составлять 0,25–0,45 мм в зависимости от конструкции двигателя. Если величины зазоров не соответствует установленным значениям, их регулируют различными методами. Для этих целей используют специальные приборы (например, приспособление для контроля и регулировки зазоров ПИМ-4816). Более точную регулировку осуществляют устройством для определения теплового зазора в клапанном механизме дизеля (типа КИ-9918).

Герметичность клапанов проверяют по утечке воздуха через сопряжения «клапан – гнездо» с помощью специальных приборов. Предельные значения утечки воздуха для различных двигателей составляют 50–60 л/мин.

Упругость клапанных пружин проверяют прибором для определения упругости пружин КИ-723 без разборки клапанного механизма непосредственно на двигателе. При усилиях на сжатие менее 200–300 Н пружины следует заменить.

Система смазки оказывает комплексное воздействие на механизмы двигателя, при этом наиболее важным является снижение износа деталей в сопряжениях. Кроме того, необходимо учитывать, что смазочная среда двигате-

ля (моторное масло) в процессе эксплуатации теряет свои первоначальные характеристики из-за окисления при высоких температурах и загрязнении механическими примесями, а также расходуется и уменьшается в объеме.

Основными параметрами, характеризующими работоспособность системы смазки двигателя, являются давление масла в системе, уровень масла в картере и качество его очистки фильтрующими элементами. При техническом обслуживании осуществляют проверку уровня масла в картере, очистку фильтрующих элементов фильтров грубой очистки и замену сменных фильтрующих элементов фильтров тонкой очистки масла, очистку набивки сапуна, а также промывку деталей системы смазки от смолистых отложений и замену масла в системе смазки.

Проверка включает оценку работы масляного фильтра тонкой очистки. При температуре не ниже 70 °С ротор исправной центрифуги должен вращаться не менее 35 с после включения двигателя.

Помимо смены масла в картере двигателя и обслуживания фильтрующих элементов к обязательным работам по смазыванию ДВС относятся периодическое смазывание консистентными смазочными материалами сопряжений и механизмов, которые имеют самостоятельные смазывающие устройства (подшипник вентилятора и водяного насоса), а также замена масла в масляной ванне воздушного фильтра.

Система охлаждения обеспечивает требуемый температурный режим эксплуатации двигателя при различных режимах нагружения и температурах окружающей среды. От ее технического состояния во многом зависят мощность двигателя, его топливная экономичность и интенсивность изнашивания деталей. В жидкостных системах охлаждения температура жидкости должна поддерживаться в пределах 85–95 °С. В этом случае двигатель развивает максимальную мощность и имеет минимальный расход топлива. При понижении температуры до 50 °С мощность двигателя падает на 10 %, расход топлива увеличивается на 30 %, а износ деталей двигателя возрастает почти в два раза.

Техническое обслуживание системы охлаждения включает следующие мероприятия: заправку охлаждающей жидкостью, проверку герметичности системы, проверку и регулировку ремней привода вентилятора, проверку исправности термостата, удаление (при необходимости) накипи и шлама из системы и др.

Герметичность и заправку системы охлаждения охлаждающей жидкостью проверяют при контрольном осмотре перед началом работы двигателя. Герметичность можно проверить путем подачи сжатого воздуха (под давлением 0,15 МПа) через заливную горловину. После прекращения подачи фиксируют интенсивность падения давления: в исправном состоянии системы падение давления не должно превышать 0,01 МПа в течение 10 с.

Проверку и регулировку натяжения ремня привода вентилятора проводят при ежедневном техническом обслуживании. Для точной проверки степени натяжения используют устройство для контроля натяжения ремня вентилятора типа КИ-13918.

Проверку исправности термостата и удаление накипи из системы охлаждения выполняют при переводе машины на сезонную эксплуатацию.

Система питания должна обеспечивать минимальный расход топлива при допустимых значениях выброса токсичных компонентов в отработанных газах.

Диагностика системы питания включает проверку герметичности системы, состояния топливных и воздушных фильтров, а также проверку работы топливоподкачивающего насоса и насоса высокого давления.

Техническое состояние топливной аппаратуры с механической системой управления подачи топлива характеризуют следующие параметры: давление впрыска и качество распыления топлива форсунками, производительность подкачивающего насоса и насоса высокого давления, износ плунжерных пар и клапанов, угол опережения подачи топлива, а также состояние фильтров грубой и тонкой очистки.

Форсунки диагностируют по показателям герметичности, давления впрыска и качества распыливания топлива на приборах для регулировки и испытания форсунок (типа КИ-3333А, КИ-22203М, КИ-562, ESP-100, М-106 и др.). Давление впрыска должно соответствовать номинальным величинам, представленным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Номинальные значения давления впрыска топлива форсунки

Марка двигателя	Давление начала впрыска топлива, МПа
ЯМЗ-238, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240	16,5–17,0
А-41, СМД-14	17,5–18,0
А-01	17,0–17,5
1Д6, 1Д12	20,5–21,5

Прибор для проверки давления начала подъема иглы форсунки и герметичности распылителя типа КИ-16301П используют также для проверки состояния плунжерных пар топливного насоса и плотности прилегания нагнетательного клапана к седлу насоса.

Топливоподкачивающие насосы и насосы высокого давления проверяют на стендах для испытания и регулировки топливной аппаратуры (например, на SPN-408, SPP-412S, EPS-715, КИ-921М, КИ-22205) или на аналогах этих стендов. При проверке топливного насоса давление, развиваемое каждой плунжерной парой, должно быть не менее 30 МПа.

Топливные фильтры проверяют на герметичность и гидравлическое сопротивление на стенде КИ-22201А или на его аналогах.

5.2 Трансмиссии

Трансмиссии представляют собой системы устройств для передачи движения и преобразования энергии от двигателя к рабочим органам и ходовой системе машины. Основой трансмиссий являются передачи, предназначенные для реализации движения с преобразованием моментов, усилий и скоростей. Передачи могут быть механическими, гидравлическими (гидрообъемными и гидродинамическими), электрическими и пневматическими.

Соответственно, трансмиссии в зависимости от типа передач могут быть механическими или комбинированными, сочетающими механические передачи с гидравлическими, электрическими и пневматическими.

Механические трансмиссии включают в основном зубчатые, червячные, цепные и ременные передачи. Зубчатые и червячные передачи образуют коробки перемены скоростей и коробки отбора мощности, раздаточные редукторы, ходоуменьшители, бортовые редукторы, т. е. в основном их эксплуатируют в закрытых корпусах. Цепные и ременные передачи являются в большинстве случаев устройствами открытого типа, что отражается на условиях их эксплуатации и техобслуживании. Кроме того, в состав механических трансмиссий входят сцепные, соединительные и предохранительные муфты, а также различные механические устройства для изменения направления движения, частоты вращения и крутящего момента.

Силовые механические трансмиссии эксплуатируют в тяжелых условиях, сочетающих большие статические и динамические нагрузки (в том числе знакопеременные) в широком диапазоне скоростных режимов. Тяжелые условия работы вызывают интенсивный износ элементов трансмиссии, от каз которых может привести к выходу из строя всей трансмиссии.

Техобслуживание механических передач состоит из типовых технологических операций, обеспечивающих их работоспособность: внешнего ухода, определения технического состояния, крепежно-регулирующих и смазочно-заправочных работ, устранения отказов.

Работы по внешнему уходу всегда предшествуют последующим работам и предусматривают очистку передач от пыли, загрязнений и подтеков смазочных материалов.

Наибольшее влияние на работоспособность механических передач оказывает износ их элементов, который приводит к увеличению суммарных угловых зазоров в сопряжениях передач, повышению шума и вибрации, а также нарушению плавности в работе и увеличению температуры.

Техобслуживание механических передач способствует поддержанию плавности передачи крутящего момента и скорости вращения, а также устранению избыточного нагрева и шума.

При оценке технического состояния механизмов силовых передач определяют суммарный угловой зазор, а также параметры нагрева и шума. Суммарный угловой зазор складывается из угловых зазоров всех ее сборочных единиц и зависит от наработки. При длительной эксплуатации механических передач суммарный зазор увеличивается в 5–15 раз.

Угловые зазоры в пределах допустимых значений необходимы для компенсации неточностей размеров при изготовлении и сборке передач, а также температурных деформаций, которые развиваются при нагреве зубчатых колес при эксплуатации. Уменьшение углового зазора меньше допустимых значений не компенсирует указанные отклонения, а его увеличение вызывает рост контактных напряжений и повышенный износ зубчатых колес. Предельный суммарный угловой зазор в трансмиссиях мобильных машин зависит от количества сопряжений и составляет 20–80°.

Величина углового зазора зависит от типа сопряжения и величины бокового зазора.

Для эвольвентных сопряжений угловой зазор, град, определяют по формуле

$$\varphi = \frac{KJ}{mZ}, \quad (5.1)$$

где K – коэффициент, учитывающий вид сопряжения (таблица 5.2);

J – боковой зазор, мм;

m – модуль зацепления, мм;

Z – число зубьев.

Для прямобочных сопряжений угловой зазор, град, определяют по формуле

$$\varphi = \frac{KJ}{D}, \quad (5.2)$$

где D – наружный диаметр сопрягаемых деталей, мм.

Угловые зазоры (люфты) определяют приборами (например, прибором для измерения бокового зазора КИ-4832 и угломером для измерения суммарного бокового зазора КИ-13909), размещая их на выходе (или на входе) механических передач.

Для определения технического состояния сборочных единиц трансмиссий используют также другие параметры, в том числе температуру и скорость их нагрева в рабочих режимах, виброакустические сигналы, которые генерирует агрегат в процессе работы.

Таблица 5.2 – Значения коэффициента K для различных сопряжений

Вид сопряжения	K
<i>Эвольвентное</i>	
Цилиндрическое	122,0
Коническое	122,0
Червячное	114,6
Шлицевое	132,0
<i>Прямобочное</i>	
Шпоночное	95,5
Шлицевое	114,6
Кулачковое	114,6
Кулачково-дисковое	305,6
Шарнирное	305,6

Температурные параметры сборочной единицы (редуктора, коробки передач) характеризуют техническое состояние ее деталей. Нагрев поверхности корпуса обусловлен несколькими причинами: во-первых, интенсификацией процессов трения в сопряжениях из-за изнашивания их деталей, связанного с недостаточной смазкой или с механическими повреждениями элементов сборочной единицы; во-вторых, нарушением герметичности корпуса. Если нагрев корпуса превышает 50 °С, следует произвести разборку сборочной единицы для выявления причин увеличения температуры. Температуру нагрева корпусов редукторов и коробок передач определяют с помощью поверхностных термисторов в рабочих режимах при различной нагрузке на исполнительном органе.

Виброакустические сигналы используют также для оценки технического состояния механических передач. Уровень вибрации и шума зависит от зазоров в сопряжениях деталей, несбалансированности вращающихся масс, неровностей рабочих поверхностей сопряжений и др. Наиболее простым является акустический контроль механических передач стетоскопами (мембранными типа КИ-1154 или электронными типа «Экранас»). Характер звуковых сигналов, усиливаемых приборами, дает опытному специалисту информацию о неисправностях: частые стуки, сливающиеся в общий шум, свидетельствуют о предельном износе зубчатых колес; отдельные стуки – о сколе отдельных зубьев; удары и грохот – о большом угловом зазоре или изломе нескольких зубьев.

Сборочные единицы трансмиссий включают зубчатые и червячные передачи, техническое состояние которых оценивают как по внешним признакам (нагреву, шуму, вибрациям, состоянию рабочих поверхностей зубьев и др.), так и по специальным признакам, зависящим от конструктивных особенностей передач.

Цилиндрические зубчатые передачи являются одними из наиболее распространенными в трансмиссиях различного типа. Их техническое состояние оценивают по боковому зазору, правильности зацепления и наличию торцевого биения. Зазор между зубьями определяют различными способами (с помощью индикаторов, щупов или по толщине сплюсненной в зацеплении свинцовой проволоки). Его предельная величина зависит от модуля зацепления: для модуля 2 мм она составляет 0,12 мм, а для модуля 12 мм – 0,6 мм. Торцевое биение, контролируемое индикаторами, не должно превышать 0,10 мм для зубчатых колес диаметром до 300 мм и 0,15 мм – для колес с диаметром более 300 мм. Износ зубьев определяют измерением их толщины на делительной окружности штангензубомером. При изнашивании и повреждении зубьев свыше нормативных значений передача подлежит замене.

Конические зубчатые передачи применяют во многих механизмах машин с передачей движения между валами, оси которых пересекаются под углом 90°. Как правило, одно из конических колес располагается на консоли вала, что снижает несущую способность передачи: ее принимают равной 0,85 несущей

способности эквивалентной цилиндрической передачи. При этом коническая передача имеет большие габариты и массу, чем цилиндрическая. В механических трансмиссиях используют колеса с прямыми и круговыми зубьями. Прямозубые колеса рекомендуют применять при окружной скорости не более 2–3 м/с. При скоростях до 11 м/с преимущественно используют колеса с круговыми наклонными зубьями, при скоростях до 35 м/с – с шлифованными зубьями.

Конструкция передач позволяет регулировать величину зазора в зацеплении перемещением колес вдоль валов или вместе с ними. Техническое состояние конических зубчатых передач оценивают по боковому зазору и правильности зацепления. Зазоры передач определяют теми же способами, что и цилиндрических передач. При прямозубом зацеплении основными погрешностями являются нарушение межосевого расстояния и перекос осей валов конических колес.

Величина бокового зазора является важной характеристикой зацепления, поскольку при установившемся режиме работы зубчатые колеса имеют более высокую температуру, чем корпус передачи, и расширяются больше, чем увеличивается расстояние между их опорами. Во избежание заклинивания и для размещения слоя смазки эту разность температурного расширения компенсируют боковым зазором.

Изнашивание элементов зубчатых передач зависит от их типа. Наиболее интенсивному (абразивному) износу подвержены открытые и полузакрытые плохо смазываемые передачи, которые работают со скоростями не более 2 м/с. В результате изнашивания происходит уменьшение поперечного сечения зуба. Допускаемый износ составляет не более 25 % первоначальной толщины зуба по делительной окружности.

Червячные передачи обеспечивают большие значения передаточных чисел, которые существенно превосходят передаточные числа зубчатых передач. Их техническое состояние характеризуют боковым зазором, а также относительным расположением червяка и червячного колеса (перпендикулярностью осей червяка и колеса и совпадением средней плоскости колеса с плоскостью оси червяка). Величина допускаемого бокового зазора между сопряженными поверхностями витка червяка и зуба колеса зависит от межосевого расстояния и составляет 0,055–0,075 мм. Допускаемый перекос осей червячной передачи находится в диапазоне от 0,015 мм (для модуля зацепления 2 мм) и до 0,030 мм (для модуля 10 мм).

При техническом обслуживании для смазывания червячных передач используют материалы и способы, указанные в инструкции по эксплуатации машины. Закрытые червячные передачи смазывают несколькими способами. Во-первых, погружением червяка и колеса в смазочный материал на глубину не более высоты зуба или витка червяка – для быстроходных передач и $1/3$ радиуса колеса – для тихоходных. Во-вторых, разбрызгиванием и масляным туманом за счет погружения в масло брызговики, надеваемых на

червяк. В-третьих, для быстроходных передач (при скоростях более 10–15 м/с) циркуляционным способом под давлением 0,05–0,30 МПа при непрерывном охлаждении и фильтрации смазки.

При оценке технического состояния механических передач обнаруженные неисправности в основном устраняют регулировочными работами. При выявлении нерегулируемых дефектов, недопустимых неисправностей и нарушений относительного положения элементов механических передач производят выбраковку зубчатых передач.

Их смазывание осуществляют с учетом инструкции по эксплуатации машин. Открытые передачи смазывают пластичными смазками после предварительного удаления старой смазки и очистки поверхности зубьев.

Цепные и ременные передачи относятся к передачам с гибкой связью, что обуславливает их низкую материалоемкость по сравнению с другими механическими передачами.

Цепные передачи являются механическими устройствами в основном открытого типа и эксплуатируются в условиях непосредственного взаимодействия с окружающей средой. Поэтому их техническое обслуживание начинают с очистки цепей, звездочек и опорных устройств от загрязнений.

Цепи бывают приводными, которые используют в цепных передачах приводов механизмов машин, и тяговыми – в конвейерах и других транспортирующих органах машин. Они имеют относительно низкую металлоемкость и возможность передачи мощности на значительные расстояния. В приводах, как правило, используют втулочные и роликовые цепи.

К основным параметрам цепей, характеризующим их техническое состояние, относятся шаг цепи, стрела провисания холостой ветви, параллельность валов и расположение звездочек друг относительно друга. Длительная эксплуатация цепной передачи обуславливает износ цепи (ее пластин, втулок, пальцев и роликов) и ее увеличенное провисание, нарушение относительного расположения звездочек, изгиб и выкрашивание зубьев звездочек и др.

Наиболее частой причиной выхода цепи из строя является изнашивание, которое имеет в основном абразивный характер, поскольку условия для жидкостного трения практически отсутствуют. Наиболее слабым местом являются шарнирные соединения звеньев, которые подвергаются интенсивному износу при эксплуатации и требуют постоянного контроля. Критерием износостойкости является давление в шарнире

$$p = \frac{F_t k_s}{A} \leq [p], \quad (5.3)$$

где F_t – окружная сила, Н;

k_s – обобщенный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации;

A – площадь шарнира (пальца или оси), м²;

$[p]$ – допускаемое давление, Па.

Формула (5.3) показывает, что, ограничивая давление в шарнире, можно снизить интенсивность его изнашивания.

Более простой характеристикой износа цепи является среднее увеличение шага цепи от номинального размера, которое определяют по формуле

$$\Delta t = \frac{l - l_n}{l_n} \cdot 100 \%, \quad (5.4)$$

где l – фактическая длина измеряемого участка цепи, состоящая из заданного числа звеньев (например, 10 единиц), мм;

l_n – номинальная или расчетная длина этого участка цепи, мм.

При необходимости для повышения точности измерения длины втулочно-роликовых цепей применяют прибор типа КИ-1854. По результатам оценки этого показателя принимают решение о возможности дальнейшей эксплуатации цепи или об ее замене.

Оптимальная величина стрелы провисания (прогиба) холостой ветви обеспечивает эффективную работу цепной передачи, поскольку как излишнее натяжение, так и значительное провисание цепи существенно уменьшают ее долговечность. Для горизонтальных цепных передач она не должна превышать 2 % межосевого расстояния, а с увеличением угла наклона передачи стрела прогиба уменьшается и составляет 0,2 % для вертикальных передач. При техобслуживании стрелу прогиба регулируют за счет установки дополнительных звездочек и натяжных роликов, а также за счет передвижных опор ведомых звездочек.

Помимо изнашивания шарниров цепь может выходить из строя и по другим причинам. В их числе усталостные разрушения элементов цепи, которые проявляются в виде развития усталостных трещин в пластинах, расшатывания прессовых соединений осей и втулок, а также заеданий пар трения.

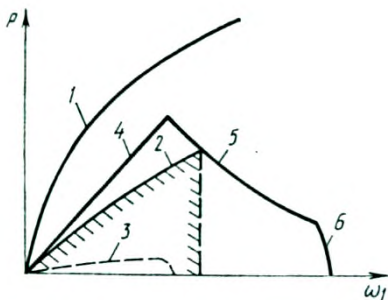


Рисунок 5.2 – Зоны, ограничивающие работоспособность цепных передач

На рисунке 5.2 приведены обобщенные зависимости передаваемой мощности роликовой цепью от угловой скорости ведущей звездочки. Эти кривые показывают в общем виде диапазон применения цепных передач по мощности в различных условиях эксплуатации.

Кривые 1, 2 и 3 ограничивают область применения цепи износостойкостью ее шарниров: кривая 1 характеризует диапазон применения хорошо смазываемых и надежно защищенных от абразивного загрязнения передач с высококачественными цепями; кривая 2 – диапазон передач общего назначения с регламентированной смазкой и

сроком службы до 10000 ч; 3 – диапазон передач с нерегулярной смазкой, что снижает передаваемую мощность примерно в шесть раз.

Кривые 4, 5 и 6 ограничивают область применения цепей сопротивлением усталостному разрушению их элементов: 4 – диапазон передач с преимущественно усталостным разрушением пластин; 5 – диапазон передач с ослаблением сопряжений под действием циклических нагрузок; 6 – диапазон передач с заеданием сопряжений в шарнирах.

Смазывание цепных передач осуществляют по инструкции завода-изготовителя с учетом скорости движения цепи. При небольших скоростях (4–5 м/с) используют консистентные (пластичные) смазки, при средних (5–8 м/с) – капельное смазывание, при относительно больших скоростях (6–12 м/с) – смазывание погружением нижней ветви цепи в ванну с жидким маслом. При периодическом смазывании КПД цепных передач составляет 0,94–0,95 и может достигать 0,98.

Цепные передачи при соответствующем техобслуживании могут работать в широком диапазоне мощностей (до нескольких сотен киловатт), скоростей (до 50 м/с) и межосевых расстояний (до 8 м).

Ременные передачи отличаются плавностью и бесшумностью работы, невысокими требованиями к точности расположения деталей передачи, а также предохранением силовой установки от перегрузки за счет возможности проскальзывания ремня по шкиву. Это самые легкие механические передачи, способные передавать мощность на большие расстояния. Различают плоско-, клино- и поликлиноременные, а также зубчатоременные передачи. Передаваемая мощность ременных передач (без зубьев) обычно не превышает 50 кВт, передачи зубчатым ремнем по несущей способности занимают промежуточное положение между ременными и цепными передачами, обеспечивая передачу мощности до 200 кВт при скорости до 60 м/с.

При эксплуатации происходит изнашивание ремней при взаимодействии со шкивами, их вытяжка и биение о шкивы, перекосы шкивов с нарушением параллельности их осей и прочее. Как следствие, увеличиваются динамические нагрузки на элементы передач, происходит проскальзывание ремней на шкивах и увеличивается износ ремней.

Основным параметром ременной передачи, характеризующей ее техническое состояние, является натяжение ремней, оптимальная величина которого обеспечивает заданный ресурс передачи и ее КПД. Сверхнормативное натяжение приводит к повышенному изнашиванию ремней и опорных подшипников, а пониженное – к биению ремней о шкивы и также к их интенсивному изнашиванию.

При оценке технического состояния ременных передач проверяют натяжение ремней, контролируют параллельность валов и перекосы шкивов и при необходимости выполняют регулировочные работы. Перед этим шкивы и ремни очищают от загрязнений.

Натяжение ремня в плоскоременных передачах регулируют несколькими способами: использованием натяжного ролика, смещением по салазкам электродвигателя, перешивкой ремня.

Натяжение ремня в клиноременных передачах характеризуют стрелой прогиба от приложения к ремню заданной нагрузки (50–100 Н) и регулируют перемещением ведущего или ведомого шкива, а также натяжным устройством.

Параллельность валов, торцовое и радиальное биения шкивов проверяют теми же методами, что и у зубчатых передач. Однако требования к этим характеристикам не такие жесткие, как у зубчатых передач. Так, допускается непараллельность валов ременной передачи из расчета не более 1 мм на 100 мм длины, а осевое смещение ручьев шкивов не должно превышать 2 мм на 1 м межосевого расстояния.

Подшипники служат опорами для валов. Они обеспечивают сохранение заданного положения оси вращения вала и воспринимают приложенные к нему нагрузки (радиальные и осевые), а также передают их на корпусные детали машин. Подавляющее большинство подшипников в машинах являются подшипниками качения, поскольку трение качения обеспечивает минимальный износ трущихся поверхностей и низкую энергоемкость, если подшипники отвечают всем требованиям нормативно-технической документации.

Характерными видами разрушения подшипников являются износ, усталостное выкрашивание, пластические деформации, а также разрушение сепараторов, колец и тел качения.

Усталостное выкрашивание связано с расклинивающим действием масла в микротрещинах рабочих поверхностей (эффект Ребиндера) и проявляется при длительной эксплуатации в условиях знакопеременных напряжений (ниже предела выносливости материала). Оно начинается на дорожках качения внутренних колец, где действуют максимальные контактные напряжения, и наблюдается также на телах качения. Пластическое деформирование наблюдается на дорожках качения у тяжелонагруженных тихоходных подшипников, а также при больших статических и динамических нагрузках. Разрушение колец и тел качения подшипников связано с ударными и вибрационными перегрузками, а также при недопустимых перекосах колец. Разрушение сепараторов происходит под действием центробежных сил и нагрузок со стороны тел качения. Эти нагрузки связаны с неточностью изготовления и перекосами положения тел качения, что нередко становится причиной отказа быстроходных подшипников из-за разрушения сепаратора.

Более половины всех отказов подшипников связаны с изнашиванием. При эксплуатации происходит загрязнение подшипников и резкое увеличение износа трущихся поверхностей за счет абразивного воздействия частиц загрязнений, так как трение качения переходит в трение скольжения их

промежуточных тел (роликов или шариков) по поверхности одного из колец или в трение скольжения подшипника по поверхности посадочного гнезда. Следствием износа и повреждений рабочих поверхностей является увеличение радиальных и осевых зазоров, перекосы валов, вибрация и шум, аномальный нагрев опор.

Техобслуживание подшипников включает внешний осмотр, контрольно-регулирующие работы и периодическое смазывание. При осмотре по внешнему виду, шуму и температуре нагрева оценивают состояние самих подшипников и посадок их колец. Так, появление глухих прерывистых звуков свидетельствует о недостатке или загрязнении смазки абразивными частицами, скрежет предполагает разрушение сепараторов или тел качения. Температура подшипника в нормальных условиях эксплуатации составляет 30–50 °С. Если она превышает 60–70 °С, это свидетельствует о нарушении условий смазывания, перекосе валов или увеличении зазоров.

В некоторых подшипниках (например, в радиальных и радиально-упорных шариковых, радиальных сферических шариковых и роликовых) осевые зазоры между кольцами и телами качения устанавливают при их изготовлении. В других подшипниках (например, в конических роликовых) осевые зазоры устанавливают при сборке.

Наличие зазоров в подшипниках обеспечивает легкое вращение вала, а их отсутствие увеличивает сопротивление вращению, но повышает жесткость опор и точность вращения вала, а также способствует уменьшению вибраций и повышает несущую способность подшипника. При регулировке следует учитывать, что осевые и радиальные зазоры связаны между собой: изменение одного из них влечет изменение другого.

При контрольно-регулирующих работах замеряют и регулируют радиальные и осевые зазоры, которые регламентированы нормативно-технической документацией завода-изготовителя в зависимости от типа и серии подшипников. Так, нормативные величины осевых зазоров в радиально-упорных шарикоподшипниках (диаметром от 30 до 120 мм) составляют 0,04–0,10 мм, а в конических роликоподшипниках тех же размеров – 0,07–0,12 мм. Они обеспечивают точное расположение тел качения и равномерное распределение нагрузки между ними. Увеличение зазоров приводит к перекосу валов, повышению вибрации, шума и нагрева, уменьшение – к перегреву, схватыванию и заклиниванию тел качения.

Для измерений используют различные приборы, в том числе механические индикаторы часового типа моделей ИЧ-02,-10,-25,-50, индикаторы рычажно-зубчатые типа ИРБ и ИРТ, цифровые индикаторы типа ИЧЦ с цифровой системой отсчета и их аналоги. Состав регулировочных работ зависит от типа подшипников и объема работ. Радиальные зазоры регулируют в радиально-упорных и конических подшипниках, осевые – во всех типах подшипников. В зависимости от способа установки подшипника регулировку

осевых зазоров проводят, используя комплекты калиброванных прокладок (толщиной от 0,05 до 0,5 мм), регулировочные кольца и гайки, винтовые упоры и другие устройства (рисунок 5.3).

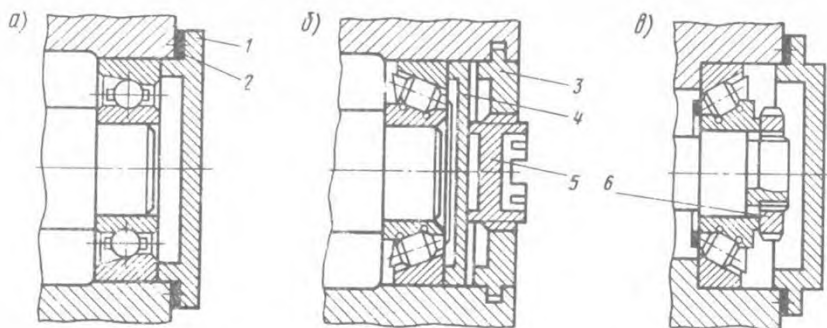


Рисунок 5.3 – Способы регулировки подшипников качения:

а – торцевыми крышками и металлическими прокладками; б – прижимными крышками и винтовыми упорами; в – регулировочными гайками;
1, 3, 4 – торцевая, закладная и прижимная крышки; 2 – набор прокладок;
5 – винтовой упор; 6 – регулировочная гайка

Подшипники меняют, если имеются усталостное выкрашивание и трещины на боковых дорожках колец и телах вращения, повреждения сепаратора или бортов колец, недопустимое увеличение радиальных и осевых зазоров, а также свободная посадка подшипников на валах. При демонтаже (съеме) подшипников осевую силу прикладывают к тому кольцу, которое снимают: при снятии с вала – за внутреннее, при удалении из корпуса – за наружное. Для демонтажа используют винтовые механические и гидравлические съемники.

Муфты – это устройства, предназначенные для соединения валов, а также передачи крутящего момента без изменения его величины и направления. Благодаря разнообразию конструкций и назначения, принципам действия и управления муфты являются самыми востребованными и многочисленными деталями (точнее – сборочными единицами) машин, в том числе путевых.

Соединяя валы узлов и механизмов машин, исправные муфты выполняют различные функции:

- компенсируют перекосы и смещения соединяемых валов, обусловленные погрешностями изготовления и монтажа;
- улучшают динамические характеристики привода, поглощая толчки и вибрации при передаче крутящего момента;
- предохраняют узлы и детали машин от воздействия перегрузок;
- сцепляют и расцепляют соединяемые валы и детали на ходу или во время остановки машин;

– включают или выключают ведомый вал при достижении ведущим валом заданной частоты вращения.

– обеспечивают соединение валов между собой, а также передачу крутящих моментов между элементами приводов машин.

Из-за погрешностей изготовления деталей и сборки валы, соединяемые механическими муфтами, как правило, имеют смещения (рисунок 5.4): радиальное – Δ , осевое – λ , угловое – δ и комбинированное, которое содержит перечисленные смещения.

В таблице 5.3 [18] приведены максимально возможные числовые значения параметров точности (т. е. радиального, осевого и углового смещения валов), которые получены в результате суммирования предельных отклонений при различной точности сборки. Видно, что компенсаторные подкладки способствуют значительному уменьшению смещений и обеспечению соосности и параллельности валов.

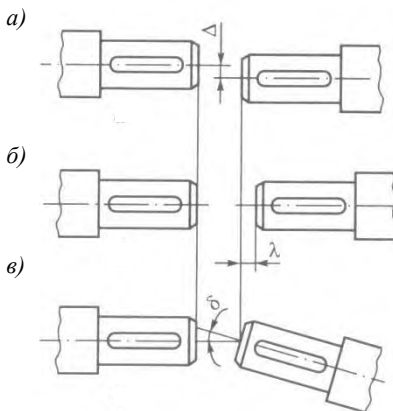


Рисунок 5.4 – Виды смещений валов:
а – радиальное (Δ); б – осевое (λ);
в – угловое (δ)

Таблица 5.3 – Максимальные значения параметров точности при различной сборке

Параметр точности	Сборка без подкладок		Сборка с подкладками при точности сборки		
			нормальной		повышенной и высокой
Δ, мм	1,5*	2,0**	0,3*	0,7**	0,15...0,05
δ, мм/мм	0,6/100				0,25/100...0,05/100
λ, мм	± 3***				± 0,5...± 0,1****
* При расстоянии от основания агрегата до оси вала – до 250 мм.					
** От 250 до 630 мм.					
*** Без выверки осевого положения узлов.					
**** С выверкой осевого положения узлов.					

Предельные отклонения регламентированы стандартами ГОСТ 8592 «Машины электрические вращающиеся. Допуски на установочные и присоединительные размеры и методы контроля» и ГОСТ 31592 «Редукторы общемашиностроительного применения. Общие технические условия». Эти отклонения имеют следующие значения:

- для радиального смещения $\Delta = \begin{cases} -0,5 \text{ мм} & \text{до } 250 \text{ мм}, \\ -1,0 \text{ мм} & \text{от } 250 \text{ до } 630 \text{ мм}; \end{cases}$
- для углового смещения $\delta = 0,10...0,15 \text{ мм} / 100 \text{ мм}$.

Если смещение валов превышает предельные значения, увеличиваются ударные нагрузки и интенсифицируется износ опор валов, что в свою очередь влечет за собой повышенный износ посадочных отверстий в корпусах редукторов и других сборочных единиц.

Зубчатые компенсирующие муфты имеют широкое распространение в конструкциях СПС вследствие способности передачи больших крутящих моментов, компактности и эффективной компенсации несоосности. Муфта состоит из двух полумуфт с внешними зубчатыми венцами и разъемной обоймы с двумя внутренними зубчатыми венцами. Конструкция муфты компенсирует все виды несоосности валов за счет создания зазоров между сопряженными зубьями и придания бочкообразной формы зубьям зубчатых венцов втулок. Однако при этом происходит скользящее трение в местах соприкосновения зубьев, что сопровождается их износом. С увеличением несоосности валов нагрузка на зубья распределяется более неравномерно и возникает «кромочный» контакт, когда часть зубьев соприкасается только своей кромкой, вызывая повышенный износ зубьев.

Зубчатые сопряжения муфт эксплуатируют в масляных ваннах, для чего в муфтах предусмотрены отверстия для слива и залива в них масла, а также уплотнения для герметизации.

Цепные зубчатые муфты по устройству похожи на зубчатые компенсирующие муфты. Различают муфты, состоящие из двух полумуфт, с разъемной обоймой и без обоймы. На рисунке 5.5 представлена принципиальная схема цепной зубчатой муфты (с электромагнитным управлением) без обоймы, состоящая из двух полумуфт, одна из которых имеет наружные, а другая – внутренние зубья (с одинаковыми модулем и числом зубьев).

Фрикционные муфты не допускают несоосности валов. Соосность полумуфт достигается их расположением на одном валу или с помощью центрирующих колец. Фрикционные муфты в зависимости от формы рабочей поверхности разделяют на три группы: дисковые (с плоской), конические (с конической), а также колодочные и ленточные (с цилиндрической поверхностью).

На рисунке 5.6 показана принципиальная схема наиболее распространенной многодисковой фрикционной муфты. Во включенном состоянии диски сжаты силой F , которую передают с помощью нажимных механизмов на диски в трех точках, расположенных по окружности через 120° . Общее число дисков ограничивают, поскольку давление на последующие диски постепенно уменьшается из-за трения в шлицевом соединении. Как правило, предельное число наружных стальных дисков с фрикционным покрытием составляет одиннадцать единиц, а при работе в масле – четыре. Для обеспечения работоспособности муфт необходимо выдерживать зазоры между дисками. При выключенной муфте предельная величина зазоров между стальными дисками 0,2–0,5 мм; между дисками с фрикционными накладками – 0,5–1,0 мм. Для более равномерного изнашивания дисков по ширине поверхности обычно принимают отношение $D_1/D_2 = 0,5 \dots 0,8$.

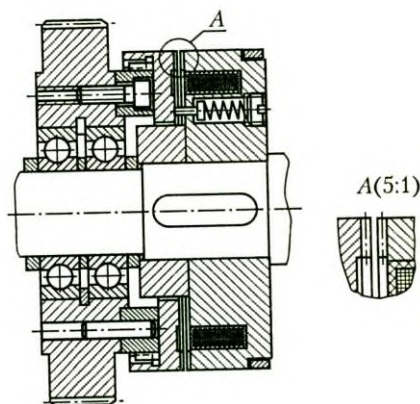


Рисунок 5.5 – Принципиальная схема зубчатой муфты

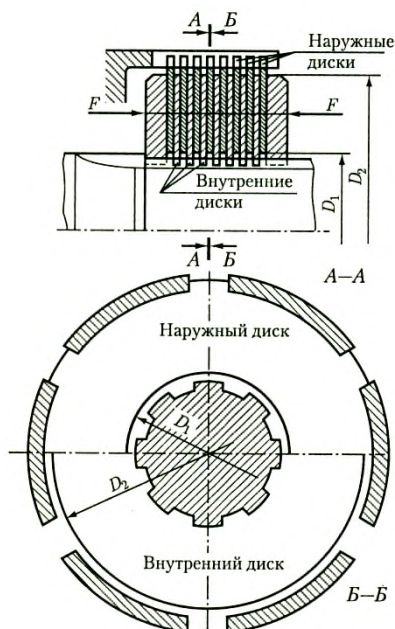


Рисунок 5.6 – Принципиальная схема фрикционной многодисковой муфты

При передаче больших крутящих моментов дисковые фрикционные муфты оснащают дистанционным сервоприводом нажима – пневматическим, гидравлическим, электромагнитным и комбинированным. В путевых машинах в основном применяют муфты с гидравлическим и пневматическим управлением.

В качестве примера гидравлического управления многодисковой фрикционной муфтой может служить коробка передач гидропередачи УГ-230 ССПС [3]. Включение фрикционов осуществляют подачей масла в камеры плунжеров системы управления из системы питания гидропередачи. При подаче масла в камеру плунжера он прижимает ведущие диски фрикциона к ведомым. Затем вращение с вала фрикционов передается через систему передач на ведущие колеса и машина трогается с места. Система гидроавтоматики производит подачу масла в определенную камеру плунжера в зависимости от скорости движения.

При засорении сливного отверстия замедляется слив масла из камеры плунжера и, как следствие, происходят недопустимый нагрев одного из пакетов механизма фрикционов и их повышенное ведение. Признаком засорения отверстий и, как следствие, ведения муфт является движение машины

при выключенном тумблере гидропередачи, а также резкое (со стуком) переключение реверса.

При техобслуживании через каждые 100 моточасов проверяют слив масла через сливные отверстия. После замены масла первую проверку проводят через 50 моточасов.

Причинами неисправностей муфт могут быть коробление ведомых дисков, засорение сливных отверстий в плунжерах, недопустимое перетекание масла из системы смазки в рабочие полости бустеров, а также поломка возвратных пружин.

При техобслуживании проверяют боковой зазор в зацеплении между зубьями, зазор по пакету, а также герметичность фрикционных элементов.

Ревизию фрикционных дисков проводят через 4000 моточасов работы. При этом проверяют коробление металлокерамических дисков, по мере изнашивания дисков разрешается добавление одного ведущего диска на пакет.

В конструкции гидропередачи ССПС используют муфты различного назначения, в их числе соединительные и сцепные зубчатые муфты, муфты свободного хода (автологи), многодисковые сцепные фрикционные муфты с системой электронно-гидравлического управления и др.

Сцепные зубчатые муфты используют для включения и выключения механизма реверса и механизма режимов (поездного и маневрового) при помощи электропневматической системы управления. С пульта управления подают электрический сигнал на электропневмовентиль, посредством которого воздух поступает в полость пневмоцилиндра управления реверсом. Шток пневмоцилиндра перемещает муфту реверса в одну из сторон (реверс вперед или реверс назад).

Привод переключения режимов аналогичен приводу переключения реверса. Шток пневмоцилиндра перемещает муфту режимов в одну из сторон, в результате чего реализуют маневровый или поездной режимы движения машины.

На рисунке 5.7 показана схема привода переключения реверса и режимов, который включает пневмоцилиндр 4 со штоком, рычаг с кронштейном 2, соединительную тягу 1, серьгу 3, два конечных выключателя 7 и два упора 6, а также воздухопровод управления и два электропневмовентили (на рисунке 5.7 не показаны) для подвода воздуха из пневмосистемы машины к пневмоцилиндру.

В случае неисправности ее пневмосистемы для транспортирования машины к месту ремонта реверс переключают вручную рычагом на кронштейне 2. Кроме того, вручную включают пневмоцилиндр режимов движения и гидропередачу.

При падении давления воздуха в пневмоцилиндре реверса до нуля зубчатую муфту режимов выводят в нейтральное положение усилием пружины.

ны 11, что приводит к прекращению передачи крутящего момента на колеса машины.

Техобслуживание включает проверку через 1000 моточасов положения привода муфты реверса (с точностью 0,5 мм по среднему значению крайних положений муфты). Регулировку положения штока включения муфты реверса производят, используя резьбовую часть тяги 1.

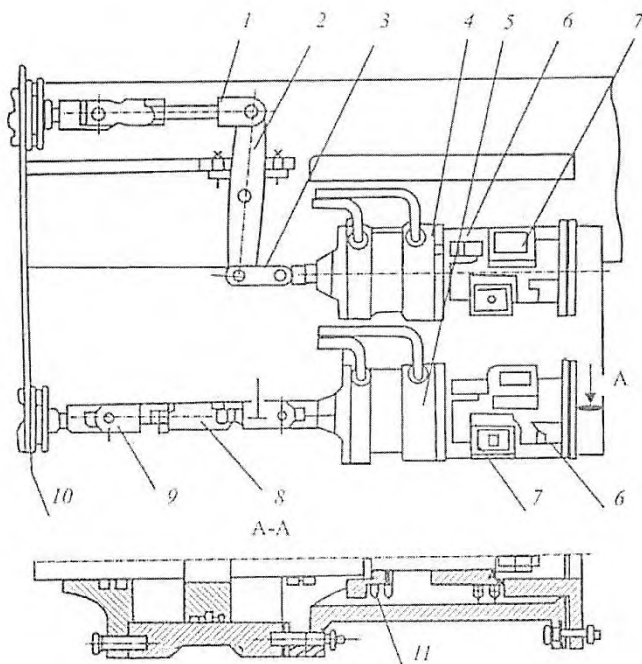


Рисунок 5.7 – Привод переключения реверса и режимов:

- 1, 9 – тяги; 2 – рычаг с кронштейном; 3 – серьга; 4 – пневмоцилиндр переключения реверса;
5 – пневмоцилиндр переключения режимов; 6 – упор; 7 – путевого конечный выключатель;
8 – муфта; 10 – корпус гидропередачи; 11 – пружина

Гидравлические передачи являются неотъемлемой частью многих трансмиссий и бывают двух видов: гидрообъемные и гидродинамические.

Гидрообъемные (гидростатические) передачи. Их работоспособность обеспечивают следующие основные сборочные единицы: гидронасос, гидромотор, гидроцилиндр, гидрораспределитель, фильтр рабочей жидкости, предохранительный и перепускной клапаны.

Техобслуживание гидрообъемных передач имеет особенности, связанные со спецификой их работы, – высокими давлениями рабочей жидкости.

В связи с этим затраты на обслуживание элементов гидропередатчиков составляют 25–50 % общих расходов на обслуживание машины из-за сложности гидрооборудования. При этом по данным советского периода [25] на долю гидравлических передач приходилось до половины всех отказов машин. Современные данные [10] свидетельствуют о значительном повышении работоспособности гидропередатчиков: менее 10 % всех отказов приходится на гидрооборудование современных мобильных машин.

К основным неисправностям гидропередатчиков относятся следующие:

- нарушение герметичности;
- износ сопряжений в гидронасосах, гидромоторах, гидроцилиндрах и распределителях;
- засорение фильтров;
- загрязнение рабочей жидкости и ее насыщение водой.

В конечном итоге эти неисправности приводят к снижению скорости движения рабочего оборудования и, как следствие, к уменьшению производительности машин.

Техническое состояние гидропередатчиков контролируют по следующим характеристикам: продолжительности выполнения отдельных операций или рабочего цикла в целом; температуре рабочей жидкости и скорости ее нарастания; полному КПД передачи; количественному и качественному износу рабочей жидкости.

При повышенном износе деталей гидронасосов они начинают генерировать акустические шумы, резко отличающиеся от шума исправного насоса.

Шестеренчатые насосы. При их эксплуатации изнашиваются поверхности сопряжений опорных втулок с шестернями, зубья шестерен и шейки вала, теряют эластичность и изнашиваются резиновые уплотнения, а также изнашиваются и получают повреждения манжетные уплотнения. В процессе эксплуатации опорные втулки и шестерни прижимаются к внутренним поверхностям стенок корпуса, что вызывает смятие стенок и повышенный износ сопрягаемых поверхностей деталей насоса. В результате увеличиваются зазоры, возрастают внутренние перетечки и снижается коэффициент подачи насоса.

Аксиально-поршневые насосы. При их эксплуатации изнашиваются поверхности шатунно-поршневой группы и сопряжения блока с поршнями и распределителем, а также подшипники. Увеличение зазоров в шатунной группе вызывает рост пульсации давления в напорной линии, а в сопряжениях блока с поршнями и распределителем – соответственно внутренние перетечки рабочей жидкости и снижение коэффициента подачи насоса. В результате повышенного износа возрастают динамические нагрузки на вал и поршень, что может служить причиной поломки насоса в целом.

Шестеренчатые и аксиально-поршневые гидромоторы. Техническое состояние и снижение их работоспособности также связано с перечислен-

ными неисправностями, обусловленными в основном изнашиванием их элементов.

Комплексную оценку технического состояния гидropередач позволяет сделать полный КПД, характеризующий объемные и механические потери. Однако в условиях эксплуатации определение мощности связано с большими трудностями. Поэтому для контроля технического состояния насосов используют ряд других параметров, в том числе объемный КПД:

$$\eta_{об} = \frac{Q_{ф}}{Q_{т}}, \quad (5.5)$$

где $Q_{ф}$ – фактическая подача рабочей жидкости при номинальном давлении, л/мин;

$Q_{т}$ – теоретическая (паспортная) подача жидкости, л/мин.

Фактическую подачу (расход) жидкости измеряют дроссельными, турбинно-тахометрическими и другими датчиками, которые применяют в измерительных приборах для оценки технического состояния гидроприводов. В их числе приборы для диагностирования гидросистем непосредственно на машинах в полевых условиях КИ-5473 (ДР-90) и КИ-1079 (ДР-70), работающие по принципу дроссельного расходомера. Прибором для проверки технического состояния гидросистем КИ-1079 определяют без разборки подачу насосов и давление, при котором срабатывают предохранительные клапаны. Зная величину фактической подачи насоса и его паспортные данные, определяют объемный КПД и сравнивают его с предельно допустимыми значениями. Насосы ремонтируют, если их КПД ниже предельных значений: для шестеренных насосов $\eta_{об} < 0,65$, а для аксиально-поршневых – $\eta_{об} < 0,80$.

Приборы модели ДР-70 рассчитывают на максимальный расход до 70 л/мин и давление до 15 МПа, приборы ДР-90 позволяют оценить состояние насосов при расходе до 90 л/мин и давлении до 25 МПа.

Для проверки насосов и других гидроагрегатов с большим расходом жидкости используют многофункциональные гидротестеры ГТ, основанные на использовании турбинных тахометрических датчиков ТДР, которые измеряют расход (до 500 л/мин) и давление (до 60 МПа) рабочей жидкости, а также ее температуру. В их числе гидротестеры модели ГТ-600М и ее модификации (ГТ-600М-500, ГТ-600М/600), а также многофункциональная система диагностики ГТ-600МС (производства «Гидроспецприбор»). С их помощью диагностируют различные гидроагрегаты (насосы, гидромоторы, гидроцилиндры, гидрораспределители), а также проверяют настройки клапанных устройств. Технические возможности гидротестеров моделей ГТ позволяют выявить неисправные гидроузлы, измерить напрямую внутренние утечки жидкости в гидроузле, а также определить настройки каждого предохранительного клапана.

Более совершенные модели гидротестеров оснащают встроенными компьютерами и вычислительными модулями, которые на основе измерения основных характеристик рабочей жидкости рассчитывают коэффициент подачи, объемный КПД, мощность гидропотока, абсолютные и относительные утечки жидкости в гидроагрегатах. В их числе многофункциональные системы диагностики английских, немецких и американских компаний (WEBTEC, Parker, Hydrotechnik, Hydac, Stauff и др.).

Для определения технического состояния насосов в стационарных условиях используют контрольные стенды моделей КИ-4200, КИ-4815М и КИ-4896. Они позволяют проверить техническое состояние насосов и других гидроузлов, а также провести регулировку клапанных устройств.

Нарушения работоспособности насосов и гидромоторов часто связаны с утечками рабочей жидкости через уплотнения, которые заменяют новыми.

Диагностирование гидромоторов проводят по величине объемного КПД, внутренним утечкам и амплитуде пульсации давления.

Объемный КПД гидромотора определяют по формуле

$$\eta_{\text{гм}} = \frac{q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}}{Q_2}, \quad (5.6)$$

где $q_{\text{гм}}$ – рабочие объемы гидромотора, л;

$n_{\text{гм}}$ – частота вращения вала мотора, мин⁻¹;

Q_2 – расход жидкости после гидромотора, л/мин.

Внутренние утечки гидромотора определяют по формуле

$$\Delta Q_{\text{гм}} = Q_2 - q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}. \quad (5.7)$$

Оценку амплитуды пульсации давления при диагностировании гидромоторов проводят с помощью датчика пульсации давления и регистрирующих приборов. По этому параметру оценивают осевой зазор в шатунно-поршневой группе аксиально-поршневых гидромоторов (и насосов).

Силовые гидроцилиндры. Их техническое состояние также связано в основном с износными явлениями. При эксплуатации происходит износ резиновых уплотнителей поршней и крышек цилиндров, а также грязесъемников, что вызывает снижение работоспособности гидроцилиндров в целом. Так, изнашивание уплотнений поршня приводит к внутренним перетечкам рабочей жидкости из напорной в сливную гидролинию, в результате чего снижается объемный КПД. Износ уплотнений крышек сопровождается наружными утечками жидкости и возможностью попадания абразивных частиц в рабочую жидкость. Отказы гидроцилиндров из-за изнашивания сопряжений составляют до 10 % всех отказов гидropередач. Для гидроцилиндров с большим ходом штока (630 мм и более) характерной неисправностью являются прогибы штока из-за несоосности внешней осевой силы и

общей оси гидроцилиндра, связанной с низким качеством сборки и монтажа гидроцилиндров.

Диагностирование гидроцилиндров проводят по замеру расхода жидкости после распределителя (Q_2), по объемному КПД, давлению жидкости и времени полного хода штока при создании усилия на рабочем органе машины.

Объемный КПД гидроцилиндра определяют по формуле

$$\eta_{гц} = \frac{Fv}{Q_2}, \quad (5.8)$$

где F – рабочая площадь поршня, $м^2$;

v – скорость перемещения штока гидроцилиндра, $м/с$.

Снижение скорости перемещения штока при номинальных значениях расхода и давления жидкости свидетельствует о наличии перетечек в гидроцилиндре из-за износа уплотнений.

Секционные золотниковые распределители. Их техническое состояние зависит от работоспособности клапанов и состояния сопряженных поверхностей золотников, клапанов и корпуса. При длительной эксплуатации происходит разрегулирование клапанов, а также изнашивание трущихся поверхностей распределителей, золотников, клапанов и корпуса. Неисправности золотниковых пар могут быть связаны с повышенным трением в сопряжении золотника и гильзы, вплоть до заклинивания золотника из-за появления продуктов изнашивания трущихся поверхностей или абразивных примесей в рабочей жидкости. Результатом является увеличение внутренних перетечек рабочей жидкости и, как следствие, снижение КПД распределителя.

Клапаны (переливные и предохранительные, редуционные и обратные), дроссели, делители потока и гидрозамки. Работоспособность гидрораспределителей во многом связана с техническим состоянием клапанов. В процессе эксплуатации работоспособность регулирующих клапанов снижается по разным причинам: во-первых, из-за износа контактных уплотнений и прецизионных соединений; во-вторых, из-за потери упругости пружин; в-третьих, из-за уменьшения усилий электромеханических и других преобразователей. И наконец, возможно заклинивание клапанов, связанное с перекосом внешних нагрузок, а также с наличием загрязнений рабочих жидкостей. Имеются сведения, что до 90 % перетечек рабочей жидкости в гидрораспределителях происходит через предохранительный и перепускной клапаны.

Диагностирование гидрораспределителей проводят по величине внутренних утечек (из нормативно-технической документации) или по объемному КПД. Расход жидкости измеряют дросселем-расходомером (модели ДР-70 или ДР-90) при номинальном давлении: до распределителя – Q_1 , после распределителя – Q_2 . Разность расхода характеризует внутренние утечки жидкости

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2, \quad (5.9)$$

Предельные значения ΔQ не должны превышать номинальные утечки более, чем в три раза.

Объемный КПД распределителя должен соответствовать выражению

$$\eta_{\text{гр}} = \frac{Q_2}{Q_1} \geq 0,88. \quad (5.10)$$

Состояние рабочей жидкости (вязкость, качество и количество) может служить критерием работоспособности гидропередачи в целом. Оптимальная величина вязкости жидкости составляет 16–33 мм²/с, этому значению соответствует диапазон температуры в пределах 45–55 °С. Интенсивность изменения температуры и, соответственно, вязкости позволяет оценить работоспособность гидропередач.

Снижение работоспособности и отказы перечисленных сборочных единиц гидросистемы напрямую зависят от качества рабочих жидкостей. Их загрязнение механическими примесями является одной из основных причин значительного ухудшения технического состояния элементов гидропередач. При этом следует отметить, что даже в новой гидросистеме (после изготовления) имеется до 3 % механических включений. По большей части это продукты износа, возникающие в процессе приработки элементов сопряжений. Важным фактором является нарушение герметичности, которое приводит к потерям рабочей жидкости и ее большому загрязнению при последующем доливе или замене. По данным [19], при эксплуатации мобильных машин загрязнение рабочей жидкости составляет всего 10 %, а при ее замене и тем более доливе жидкости – 37 и 50 % соответственно. Наличие металлических и минеральных частиц в системе существенно увеличивает износ всех ее элементов за счет абразивного воздействия примесей. Считают, что более 90 % отказов гидропередач обусловлено присутствием механических примесей в рабочей жидкости. Во избежание попадания загрязнений в гидросистему используют специальные приспособления, состоящие из насоса, фильтра, заборного и нагнетательного шлангов.

Значительное воздействие на работоспособность элементов гидросистемы оказывает наличие в рабочей жидкости воды. Она способствует коррозионному разрушению рабочих поверхностей стальных элементов, а при отрицательных температурах – прихватыванию золотников и клапанов гидрораспределителей и разрушению сборочных единиц.

Основными работами по техническому обслуживанию гидропередач являются очистка фильтрующих элементов, промывка гидрооборудования, регулировка клапанов, очистка или замена рабочих жидкостей, проверка герметичности элементов гидросистемы. Как правило, техобслуживание

проводят на стационарных постах эксплуатационных баз предприятий или на передвижных станциях, которые оснащают необходимым оборудованием, в том числе устройствами для очистки рабочей жидкости и контроля ее чистоты, средствами диагностики технического состояния гидropередач и др. Для очистки рабочей жидкости применяют центробежный метод с использованием центрифуг или циклонов.

Гидродинамические передачи являются составной частью гидромеханических трансмиссий. Эти трансмиссии состоят из гидротрансформатора (беступенчатой гидродинамической коробки передач) или гидромуфты, гидросистемы маслопитания, а также механической коробки передач и системы управления. В самоходном СПС в основном используют комплексные гидротрансформаторы, которые в зависимости от нагрузки на ходовые колеса работают в режиме гидротрансформатора или гидромуфты. При трогании с места и разгоне гидроаппарат работает в режиме гидротрансформатора, а при движении с постоянной скоростью – в режиме гидромуфты, что позволяет значительно повысить его КПД.

Работоспособность гидромеханических передач оценивают по дополнительным показателям: по давлению масла в главной магистрали на режимах холостого хода, движения и наката; по зазору между толкателями и регулировочными винтами механизмов управления золотниками; по температуре масла. Гидромеханическую передачу проверяют при блокировке гидротрансформатора на первой передаче для оценки углового зазора.

Наиболее часто гидродинамические передачи используют в силовых трансмиссиях ходового оборудования. В качестве примера на рисунках 5.8 и 5.9 представлены два конструктивных варианта ходовой трансмиссии: во-первых, трансмиссия, сочетающая механическую и гидродинамическую силовые передачи, во-вторых, трансмиссия, которая сочетает механическую передачу с гидродинамической и гидрообъемной силовыми передачами.

На рисунке 5.8 представлена кинематическая схема унифицированной ходовой трансмиссии с гидродинамической передачей (комплексным гидротрансформатором ГТК-II), которую применяют в приводе ССПС (автодрезин, мотовозов и автомотрис различных модификаций). По классификации производителя – это гидромеханическая передача УГП-230, способная передавать мощность 230 л. с.

Гидромеханическая передача состоит из агрегата, который объединяет в одном блоке гидравлическую и механическую части, а также систем питания, управления и смазки. Механическая часть блока включает повышающий редуктор (т. е. мультипликатор) 9, который приводит гидротрансформатор 11, а также коробку передач 13. Система питания и управления включает насосы и аппараты автоматики для питания гидротрансформатора и переключения ступеней скоростей коробки передач. Система смазки содержит внешние трубопроводы и внутренние каналы (в корпусах), по которым

масло поступает ко всем трущимся элементам гидropередачи. На основном агрегате устанавливают насосы и аппараты систем питания и автоматики. В числе насосов блок 14 питающего и откачивающего насосов с приводом от вала насосного колеса гидротрансформатора 11; первичный импульсный насос 8 с приводом от вала отбора мощности повышающего редуктора 9; вторичный импульсный насос 12 с приводом от вала реверса коробки передач 13.

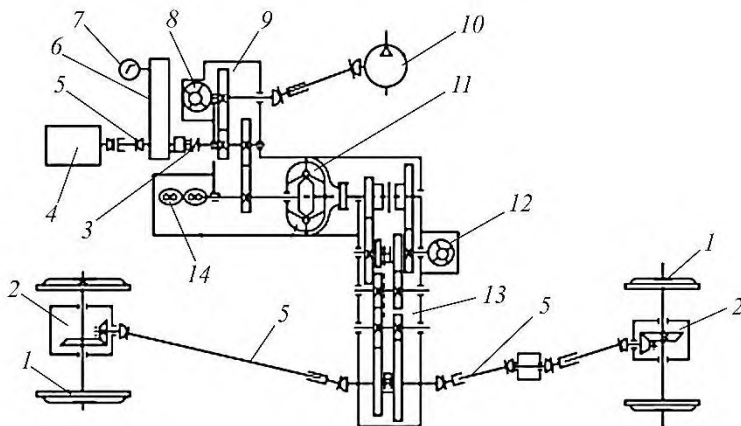


Рисунок 5.8 – Кинематическая схема ходовой трансмиссии с гидромеханической передачей:

- 1 – колесные пары; 2 – осевые редукторы; 3 – соединительная муфта; 4 – двигатель;
5 – карданные валы; 6 – привод генератора; 7 – генератор; 8, 12 – импульсные насосы;
9 – повышающий редуктор; 10 – компрессор; 11 – гидротрансформатор; 13 – реверсивная коробка передач; 14 – блок питающего и отсасывающего насосов

Подпитку гидротрансформатора рабочей жидкостью производят питательной секцией блок-насоса 14 с приводом от вала отбора мощности мультипликатора 9.

К основным неисправностям гидромеханических передач относятся нарушение герметичности, износ сопряжений в гидравлической (гидротрансформаторах, насосах, распределителях и др.) и механической (редукторах, коробках передач и др.) частях, засорение фильтров, загрязнение рабочей жидкости.

Техническое состояние гидropередач контролируют по следующим характеристикам: давлению и температуре рабочей жидкости, количественному и качественному изменению рабочей жидкости, акустическим шумам.

Работоспособность гидротрансформатора зависит от давления рабочей жидкости и температуры. Нормальное давление на входе в гидротрансформатор должно быть в пределах 0,35–0,50 МПа в зависимости от модели.

Рабочая температура масла не должна превышать 110 °С. После сборки или ревизии трансформатор необходимо проверить на утечки под давлением до 0,7 МПа, которые не должны превышать 10 л/мин. Первую замену рабочей жидкости проводят после 100 ч работы или при наличии в масле механических примесей более 0,1 %. Следующую замену масла осуществляют через 1000 ч эксплуатации. Анализ масла проводят через каждые 200 ч работы. При наличии в масле алюминиевых частиц гидротрансформатор ремонтируют.

При повышенном износе деталей гидротрансформаторов возникают акустические шумы (скрип, скрежет, свист и др.), резко отличающиеся от шума исправного гидроаппарата.

При техобслуживании проверяют надежность крепления гидротрансформатора к коробке передач и крышек гидроаппарата, величину давления и температуру рабочей жидкости, утечки и уровень ее загрязненности.

После 8000 моточасов эксплуатации производят полную ревизию гидропередачи.

Блок-насос 8 имеет питающую и откачивающую секции, представленные шестеренчатыми насосами, которые соединены в один узел. Боковой зазор между зубьями каждой пары шестерен должен быть в пределах 0,06–0,17 мм. Пятно зацепления проверяют по краске: оно должно быть не менее 50 % по длине зуба и не менее 60 % по высоте зуба. Техобслуживание проводят по упомянутым ранее методикам. Через 1000 моточасов проводят ревизию насосов во избежание их аварийного отказа.

При установке насосов их валы должны быть строго сцентрированы с приводными валами, поскольку неточности установки вызывают прогибы валов, а преждевременный износ уплотнений подшипников приводит к утечке масла по валу.

Фильтрующие элементы фильтров промывают не реже одного раза в неделю в дизельном топливе, а внутренние полости фильтров продувают сжатым воздухом. При обнаружении в фильтрах алюминиевых частиц гидропередачу подвергают ревизии.

Другим примером сочетания механических передач с гидродинамическими и гидрообъемными передачами может служить ходовая трансмиссия, которую применяют на мотовозах МПТ-6 и других перспективных моделях ССПС. Ходовая трансмиссия (рисунок 5.9), которая содержит гидромеханические передачи с гидродинамическим и гидрообъемным компонентами (по классификации производителя – гидропередачи ГМП-300) обеспечивает передачу мощности 220 кВт. Трансмиссия включает следующие основные составные части: входной редуктор, редуктор отбора мощности (для передачи мощности на гидромеханический ходоуменьшитель и вспомогательные агрегаты – компрессор, генератор, насос высокого давления), гидро-

трансформатор и коробку передач с трехступенчатым планетарным редуктором.

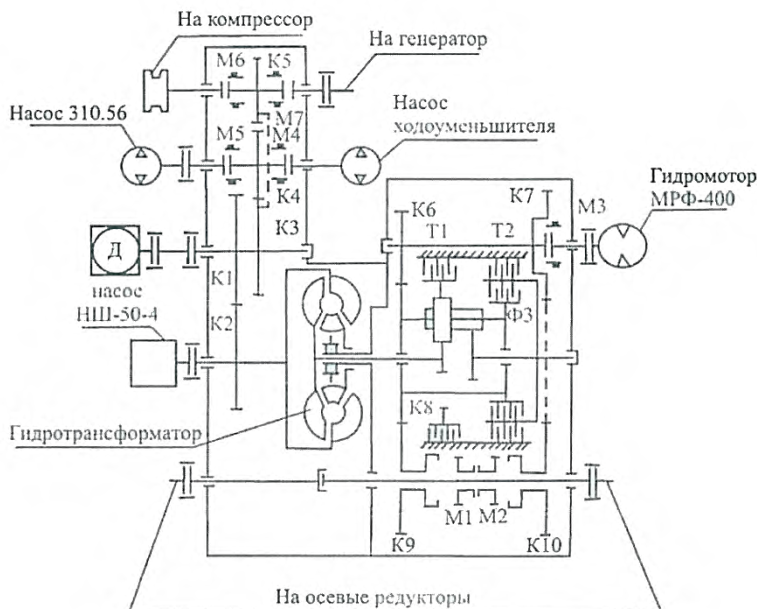


Рисунок 5.9 – Кинематическая схема ходовой трансмиссии с гидромеханическими передачами:

K1, K2 – зубчатые колеса входного редуктора; K3–K5 – зубчатые колеса редуктора отбора мощности; M4–M7 – управляемые зубчатые муфты редуктора отбора мощности; K6–K10 – зубчатые колёса коробки передач; M1–M3 – управляемые зубчатые муфты коробки передач; T1, T2, Ф3 – фрикционные узлы

Специфика конструкции и управления трансмиссии формирует набор требований по ее техобслуживанию с учетом наличия механической, гидрообъемной и гидродинамической передач, связанных между собой как конструктивно, так и кинематически.

Сочетание основных видов передач, включая электронную систему их управления, в ходовой трансмиссии является наиболее эффективным типом привода хода ССПС и обуславливает целесообразность детального анализа основных операций ее техобслуживания. Оно традиционно включает ежедневное (ЕТО), первое и второе (ТО-1 и ТО-2), а также сезонное (СТО).

ЕТО проводят перед каждым выездом на перегон ССПС и после прибытия с перегона. В состав ЕТО входят следующие работы:

- очистка узлов и деталей;

- проверка герметичности масляной системы и подтяжка (при необходимости) мест соединений шлангов и трубопроводов;
- проверка уровня масла в поддоне и его долив (при необходимости);
- проверка давления сжатого воздуха в магистрали включения управляемых зубчатых муфт (не менее 0,4 МПа);
- контроль технического состояния гидропередач средствами электронной системы управления (ЭСУ).

ТО-1 проводят после пробега 8000 км, но не реже одного раза в месяц. В состав ТО-1 входят операции ЕТО, а также следующие работы:

- внешний осмотр и проверка состояния узлов и деталей гидропередач, подтяжка креплений;
- проверка крепления опор гидропередачи, состояния и крепления карданных валов к фланцам грузового вала и к фланцу привода генератора;
- проверка и подтяжка крепления трубопроводов подачи сжатого воздуха к проходникам;
- очистка от загрязнений электрических разъемов подсоединения жгутов к блокам ЭСУ и датчикам, проверка целостности электрических цепей.

ТО-2 проводят после пробега 40000 км, но не реже двух раз в год. В состав ТО-2 входят операции ТО-1, а также следующие работы:

- проверка состояния крепления элементов гидропередачи на машине;
- проверка крепления масляного насоса, фильтра тонкой очистки масла;
- проверка правильности установки и надежности крепления концевых выключателей положения управляемых зубчатых муфт и индукционных датчиков частоты вращения входного и грузового валов;
- слив масла из гидропередачи, снятие и очистка от загрязнений приемного масляного фильтра, очистка магнитной пробки от продуктов износа, промывка гидросистемы и слив промывочной жидкости, снятие и замена фильтрующего элемента фильтра тонкой очистки, заливка нового масла;
- проверка на ходу правильности автоматического переключения режимов.

СТО совмещают по времени с ТО-2. В состав СТО входят операции ТО-2, а также следующие работы:

- снятие и проверка правильности показаний датчиков и указателей давления и температуры масла;
- снятие, очистка от загрязнений, промывка и проверка работы электромагнитов;
- снятие клапанных и золотниковой коробок, проверка регулировки клапанов давления управления, давления смазки и давления питания гидропередачи, проверка (при необходимости) работы системы плавности включения первой ступени коробки передач;
- проверка (при необходимости) работы перепускного клапана фильтра тонкой очистки масла и предохранительного клапана насоса.

Техобслуживание ЭСУ проводят в соответствии с инструкцией по ее эксплуатации.

При сборке гидропередачи регулируют и настраивают следующие элементы:

- индукционные датчики частоты вращения входного и грузового валов;
- концевые выключатели, сигнализирующие о включенном состоянии управляемых зубчатых муфт реверса, насоса и гидромотора ходоуменьшителя, муфт привода отбора мощности на технологическое оборудование;
- клапанную коробку с клапанами давления управления и подпитки гидропередачи;
- входную клапанную коробку с клапаном смазки и предохранительным клапаном насоса;
- золотниковую коробку с системой плавности включения первой ступени коробки передач;
- перепускной клапан фильтра тонкой очистки масла.

ЭСУ машины обеспечивает измерение следующих параметров:

- температуры масла на выходе из гидропередачи;
- давления масла в линии управления;
- давления масла в линии смазки;
- частоты вращения входного вала гидропередачи и грузового вала коробки передач;
- положения управляемых зубчатых муфт;
- скорости движения и пройденного пути.

ЭСУ машины выполняет автоматический контроль технического состояния трансмиссии в рабочем и транспортном режимах с выводом на пульт управления контролируемых параметров. При этом ЭСУ оценивает техническое состояние трансмиссии путем сравнения текущих значений параметров с заданными критериями, которые представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Критерии оценки технического состояния трансмиссии

Состояние	Давление смазки, МПа	Давление управления, МПа	Температура масла, °С
Нормальное	> 0,2	> 1,2	< 120
Неисправное	0,1–0,2	0,9–1,2	120–140
Аварийное	< 0,1	< 0,9	> 140

Трансмиссии не допускают к эксплуатации, если имеются следующие неисправности:

- давление в линии управления не превышает 1 МПа;
- температура масла на выходе гидропередачи составляет более 120 °С;
- установлена аварийная течь масла;
- отчетливо слышны посторонние шумы при работе трансмиссии;

- отсутствует нейтраль в коробке передач при обесточенных электромагнитах золотниковой коробки;
- уровень масла в поддоне трансмиссии ниже минимального или выше максимального;
- наблюдаются неполадки в работе ЭСУ.

Электрические передачи являются основными элементами автономного электрического привода, который в общем случае включает силовую установку (ДВС), электрические передачи, механические передачи, систему управления и вспомогательные устройства. Электрическая передача в свою очередь состоит из двух электрических машин: электрогенератора и электродвигателя.

Электродвигатели постоянного тока применяют в основных тяговых приводах машин, а электродвигатели переменного тока – как правило, во вспомогательных приводах.

Техническое состояние электрических машин зависит от состояния электрической изоляции обмоток, коммутационных контактов и других факторов. Имеются данные [19], что отказы, связанные с дефектами в обмотках, составляют до 95 % от общего числа отказов силового электропривода.

Работоспособность электрических машин зависит от внешних факторов (нагрузки, влажности, температуры и др.). В процессе их эксплуатации машины подвергаются действию вибрации и повышенной влажности, которые способствуют ослаблению и обгоранию клемм контактов, искрению щеток на коллекторах и контактных кольцах, снижению электрического сопротивления изоляции обмоток.

Долговечность электрических передач зависит от сопротивления изоляции, которое измеряют приборами мегаомметрами индукторного типа моделей М 1101, М 4100, Ф4102/2-1М, ЭС0202/1Г, ЭС0202/1М-Г и их аналогами. Эти приборы предназначены для измерения и проверки сопротивления изоляции обмоток электрических машин и аппаратов. В качестве источника тока их оснащают электромеханическими генераторами постоянного тока. Современные модели типа Е6-32 и их аналоги в качестве источников тока имеют гальванические элементы или аккумуляторные батареи.

Общее сопротивление, МОм, электрической изоляции должно удовлетворять неравенству

$$R_{\text{ном}} = U_{\text{ном}} (1000 + 0,01N_{\text{ном}}) \geq 0,5, \quad (5.11)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение на обмотке, В;

$N_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя или генератора, кВт.

Помимо оценки сопротивления изоляции из выражения (5.11) для диагностирования работоспособности изоляции дополнительно определяют ряд показателей, в числе которых электрическая емкость изоляции, коэффициент абсорбции, нагревостойкость изоляции и др.

При эксплуатации в результате старения и увлажнения уменьшается электрическая емкость изоляции. Ее характеризуют коэффициентом, величина которого должна удовлетворять неравенству

$$K_c = \frac{C_1}{C_2} \leq 1,4, \quad (5.12)$$

где C_1 , C_2 – величины емкости изоляции при частотах напряжения 2 и 50 Гц.

Если величина коэффициента превышает 1,4, следует сушить изоляцию.

Еще один показатель зависит от степени увлажнения обмоток – коэффициент абсорбции материала изоляции, величина которого должна удовлетворять следующему неравенству:

$$K_{аб} = \frac{R_1}{R_2} \leq 1,3, \quad (5.13)$$

где R_1 , R_2 – величины электрического сопротивления изоляции, измеренные через 15 и 60 с после приложения напряжения к изоляции.

Если величина коэффициента превышает 1,3, следует сушить изоляцию.

Техническое состояние электрических машин оценивают по состоянию изоляции, нагреву статора, вибрации, шуму и искрению щеток.

При эксплуатации следует учитывать температуру окружающей среды и ее влияние на температуру электрической машины. Нагрев ее корпуса измеряют различными методами, в частности, при помощи термпар, термостатов сопротивлений и термисторов. Работоспособность электродвигателей зависит от температуры окружающей среды. При этом отрицательные температуры способствуют увеличению нагрузки на электродвигатели (до 40 %), а высокие температуры уменьшают их долговечность и работоспособность. Так, ресурс электромашин снижается в два раза, если температура нагрева превышает предельно допускаемую на 8 °С.

Основными неисправностями электромашин постоянного тока являются уменьшение сопротивления изоляции обмоток, заедание щеток и направляющих щеткодержателей, нагрев и шум подшипников, изменение воздушных зазоров под полюсами.

Техобслуживание электромашин постоянного тока включает следующие основные мероприятия:

- внешний осмотр и очистку от загрязнений; осмотр и усиление крепления составных частей силовой установки (в том числе электромашин), к основанию;
- проверку герметичности крышек коробок токопроводящих элементов, плотности соединения выходных концов обмотки, состояния щеткодержательного механизма и упругости пружин;
- контроль состояния коллекторов и их очистку от загрязнений;
- проверку температуры нагрева и наличия смазки в подшипниках.

Внешний уход состоит в тщательном периодическом осмотре корпусов генераторов и электродвигателей, а также в очистке от загрязнений и пыли коллекторов, контактных колец, статорных обмоток и других элементов продувкой сжатым воздухом под давлением до 0,2 МПа, проверку заземления доступных частей изоляции (катушек, межкатушечных соединений, лобовых частей обмотки).

Нагрев подшипников качения при эксплуатации не должен превышать 95 °С.

Вибрация подшипников (ее амплитуда) должна соответствовать рекомендуемым значениям. В частности, амплитуда колебаний подшипников качения составляет от 0,05 мм (при частоте вращения 3000 мин⁻¹) до 0,16 мм (при частоте 750 мин⁻¹).

Как было отмечено, сопротивление изоляции обмоток и бандажей должно быть не менее 0,5 МОм (см. формулу (5.11)). Сопротивление изоляции обмоток измеряют относительно корпуса, а сопротивление изоляции бандажей – относительно корпуса и удерживаемых бандажами обмоток.

Зазедание щеток и направляющих щеткодержателей определяют по легкости их перемещения в отсутствие воздействия пружин. Силу давления замеряют динамометром, она зависит от типа и мощности электродвигателя и составляет 4–30 Н.

5.3 Ходовые системы

Ходовые системы СПС (колесные пары для двухосных или ходовые тележки для трехосных машин) обеспечивают эксплуатацию и безопасность путевых машин как в рабочем, так и в транспортном режимах. На них через систему рессорного подвешивания опирается рама путевой машины, на которой размещают все остальные агрегаты, узлы и системы машин. Поскольку работоспособность машины во многом зависит от работоспособности ходовой системы, ее техобслуживание является неременной частью всех видов технического обслуживания машины (ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3, СТО).

В процессе техобслуживания проводят осмотр всех узлов и деталей ходовой части, производят регулировочные, крепежные и смазочные работы, при необходимости меняют изношенные детали и сборочные единицы.

При внешнем осмотре рессорного подвешивания оценивают состояние подвески рессор, выявляют наличие трещин, износа или сдвига элементов в рессорах.

При внешнем осмотре букс с роликовыми подшипниками обстукивают смотровые крышки букс и болты их крепления для определения их затяжки; выявляют трещины и изломы в корпусах и крышках букс; периодически контролируют температуру внешней части буксы.

Температурный фактор является критерием работоспособности буксы, а ее перегрев (более 70 °С) – поводом для более тщательной проверки.

Имеется несколько характерных причин повышенного нагрева буксы: во-первых, избыток смазки, который самопроизвольно устраняется в процессе эксплуатации после пробега 500–600 км, что сопровождается прекращением нагрева; во-вторых, неправильная сборка буксы (отсутствие зазора между лабиринтной частью корпуса и лабиринтным кольцом) и, как следствие, ее интенсивный нагрев и замена колесной пары; в-третьих, неисправность подшипников из-за дефектов материала или неправильной сборки (разрыв внутреннего кольца или его проворачивание, малый осевой зазор, разрушение сепаратора); в-четвертых, аномальная эксплуатация подшипников (отсутствие или загушение смазки, наличие абразивных частиц).

Для выявления этих причин вскрывают смотровую или крепежную крышку для оценки состояния подшипников и их торцевого крепления. Вскрытие букс тележек осуществляют в присутствии представителя предприятия приписки СПС или пункта их технического обслуживания.

При углубленном осмотре буксовых узлов учитывают необходимость исключить попадание в буксу абразивных частиц и других загрязнений; обеспечить безопасные зазоры между рамой машины и верхней частью роликовой буксы, а также между наличниками буксовых направляющих и букс; надежно закрепить болтовыми соединениями наличники к буксовым направляющим, а также буксовые направляющие к раме машины.

После углубленного осмотра колесных пар не допускается их эксплуатация при наличии значительных повреждений или износа:

- трещин в любой части оси, ободе, диске и ступице колеса;
- остроконечного наката на гребне колесной пары;
- равномерного проката по кругу катания более 8 мм;
- неравномерного проката по кругу катания более 2 мм;
- ширины обода колеса менее 127 мм;
- толщины гребня более 33 мм или менее 25 мм при измерении на расстоянии 18 мм от вершины гребня при высоте гребня 28 мм;
- ползуна или выбоины на поверхности катания колесной пары (с роликовыми подшипниками) глубиной более 1 мм. При наличии ползуна (или выбоины) более 1 мм, но менее 2 мм допускается движение путевой машины со скоростью до 70 км/ч до ближайшего пункта смены колесных пар;
- протертости любой части оси глубиной более 2,5 мм;
- следов контакта с электродом или электросварочным проводом в любой части оси;
- ослабления или сдвига колеса по оси;
- выщербин или раковин на поверхности катания литых, штампованных и цельнокатанных колес длиной более 25 мм или глубиной более 3 мм;
- кольцевых выработок на поверхности катания: у основания гребня – глубиной более 1 мм, на уклоне 1:7 – глубиной более 2 мм или шириной более 15 мм;

- местного увеличения ширины обода (раздавливания) цельнокатаного колеса более 6 мм;
- поверхностного откола наружной грани обода цельнокатаного колеса, в том числе местного откола кругового наплыва глубиной (по радиусу колеса) более 10 мм; при ширине обода в месте откола менее 120 мм; при наличии в поврежденном месте трещины;
- повреждения поверхности катания колеса, вызванного смещением металла («наваром») высотой более 1 мм. Допускается устранение «навара» зачисткой абразивным кругом при удовлетворении следующих требований: отсутствие трещин на зачищенном участке; плавный переход от зачищенного к не зачищенному участку поверхности; обработка зачищенного участка заподлицо с не зачищенными; допускается углубление в месте зачистки поверхности не более 0,5 мм.

5.4 Базовые конструкции

Базовой конструкцией путевой машины является ее рама, на которой размещают все агрегаты, механизмы, системы и устройства. Как было отмечено ранее, имеется три типа конструкции рам:

- платформы с верхней площадкой для размещения оборудования;
- фермы, состоящие из двух сварных продольных балок, соединенных поперечными связями в виде диафрагм и раскосов;
- специальные рамы, выполненные под компоновку рабочего и другого оборудования.

Рамы, т. е. несущие металлоконструкции машин, являются их наиболее ответственными составными частями, по техническому состоянию которых делают выводы о возможности продления срока службы машины в целом или о ее списании и утилизации.

Металлоконструкции машин выполняют в основном из профильного (труб, швеллеров, двутавров, уголков) и листового материала. Из профильного металла изготавливают цельнометаллические и решетчатые, из листового – пустотелые конструкции. Цельнометаллические конструкции (фермы, рамы, балки и т. п.) выполняют в основном сварными, реже – клепаными. Например, специальные рамы путевых машин (типа Duomatic 08-32 Center Tool, Duomatic 09-32 CSM, Dynamic Stophexpress 09-3X и др.) выполняют из профильных труб, прокатных профилей и стальных листов, соединенных сваркой. Конструкции таких рам выдерживают продольные нагрузки до 2 МН, что обеспечивает возможность перемещения машины в составе поезда.

Основными неисправностями сварных конструкций являются трещины в сварных швах (различные по природе возникновения), клепаных конструкций – обрыв заклепок, ослабление соединений, изнашивание отверстий под заклепки, трещины в зоне крепления различных элементов (кронштейнов

и др.). Помимо этого, у цельнометаллических конструкций (как сварных, так и клепаных) возникают трещины в продольных балках, поперечных брусках и раскосах, изнашивание посадочных отверстий под сопрягаемые детали (валы, оси, пальцы и др.), зоны коррозионного поражения, а также нарушения их пространственного положения в результате деформаций (изгиба, коробления, скручивания и др.). Для металлоконструкций базовых рам и балок наиболее характерными видами разрушения являются усталостные повреждения, которые при длительной эксплуатации и несвоевременном обнаружении могут вызвать отказы и аварийные ситуации.

Решетчатые металлоконструкции собирают из отдельных элементов с помощью сварных и заклепочных соединений, поэтому им присущи все упомянутые неисправности цельнометаллических конструкций, которые обусловлены усталостным и коррозионным разрушением, изнашиванием и деформациями.

Пустотелые металлоконструкции (кабины, капоты, барабаны, цистерны и др.) независимо от метода их изготовления (штампованные, прессованные, сварные) подвергаются в основном коррозионному воздействию окружающей среды и деформациям. Помимо этого, в результате аварийных ситуаций могут возникнуть разрывы, вмятины и трещины в листовом металле, а также разрушения сварных швов. Нередко в качестве материалов используют листовые полимерные композиты, такие как стеклопластики на основе эпоксидных смол или полипропилена.

Техобслуживание металлоконструкций включает очистку от загрязнений, внешний осмотр, определение технического состояния инструментальным диагностированием и устранение возможных отказов.

Внешний осмотр является важной операцией, от которой зависит состав и объем диагностических и восстановительных работ. При осмотре особое внимание обращают на характерные и потенциальные зоны разрушений. К ним относятся заклепочные и болтовые соединения, а также сварные швы. Опасными являются технологические дефекты швов (непровары, наплывы, шлаковые включения, поры, прожоги, незаделанные кратеры, подрезы кромок, несплавления по кромкам и др.), а также наиболее вероятные участки образования дефектов (стыковые швы и швы, перпендикулярные усилиям в элементах, швы в накладках, обваренных по контуру, концы швов и участки швов с изменением их толщины и формы). Кроме того, к ним относятся другие места вероятного появления трещин, а именно резкие изменения сечений элементов, обрывы листов, значительные изменения их толщины и ширины, места примыкания накладок, ребер, косынок, диафрагм и т. п. Под действием внешних нагрузок (циклических и знакопеременных, статических и динамических, вибрационных и др.) в потенциально опасных местах швов могут возникать скрытые, поверхностные и сквозные трещины. Кроме того, в наиболее нагруженных местах самих металлоконструкций

могут образовываться поверхностные, скрытые сквозные трещины, расслоения металла, а также очаги коррозионного поражения.

На первом этапе осуществляют внешний осмотр несущих элементов машин с использованием (при необходимости) простейших оптических приборов (линз, луп, зеркал, микроскопов, эндоскопов и т. п.). При техобслуживании проверяют состояние рам и балок, правильность их расположения друг относительно друга. При длительной эксплуатации на открытом воздухе ускоряются процессы усталостного изнашивания металлоконструкций с образованием трещин, развиваются очаги их коррозионного поражения, особенно заметные при нарушении сплошности защитных противокоррозионных покрытий.

При техобслуживании особое внимание уделяют техническому состоянию подъемно-транспортных механизмов и транспортирующих устройств, входящих в состав путевых машин.

Диагностирование включает анализ технического состояния базовых конструкций машины визуально-оптическими и инструментальными методами, определение вида и объема работ по техобслуживанию и ремонту, контроль устранения обнаруженных неисправностей.

Диагностирование в основном совмещают с выполнением техобслуживания. Его осуществляют на специализированных участках или постах ремонтно-эксплуатационных предприятий при наличии соответствующего диагностического оборудования, в частности, переносных или передвижных диагностических комплектов. Их оснащают необходимым диагностическим оборудованием для проверки машин и их сборочных единиц на местах их эксплуатации во время проведения техобслуживания.

Своевременное диагностирование несущих металлоконструкций является важным фактором оценки возможности дальнейшей эксплуатации машины со сверхнормативным сроком службы, поскольку их выработка является критерием достижения предельного состояния машины в целом.

Определение технического состояния металлоконструкций базовых элементов осуществляют методами неразрушающего контроля, которые регламентированы ГОСТ 18353 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов».

Для выявления скрытых дефектов и потенциальных очагов разрушения на поверхности конструкции используют такие измерительные методы, как капиллярный и его разновидности, магнитный и его разновидности, вихре-токовый и др.

Для выявления скрытых дефектов и потенциальных очагов разрушения в объеме конструкции используют в основном ультразвуковой метод.

Капиллярный метод предназначен для обнаружения микротрещин на поверхности металлоконструкций, определения их расположения и протяженности. Оценку состояния поверхности осуществляют по СТБ 1172

«Контроль неразрушающий. Контроль проникающими веществами (капиллярный). Общие положения».

Метод основан на свойствах поверхностно-активных жидкостей, обладающих небольшим поверхностным натяжением, проникать в поверхностные дефекты под действием капиллярного давления.

Индикаторная жидкость, нанесенная на проверяемую поверхность, проникает в трещину и остается в ней, образуя «индикаторный след». При нанесении на обработанную поверхность специального проявляющего вещества дефект обнаруживают визуально по следу жидкости. На рисунке 5.10 приведена принципиальная схема определения дефекта в металлоконструкции капиллярным методом. Микротрещина 4 шириной a проявляется за счет образования индикаторного следа 3 от нее до размера A и создания высокого оптического контраста между поверхностью конструкции 1 и проявляемым на ней рисунком.

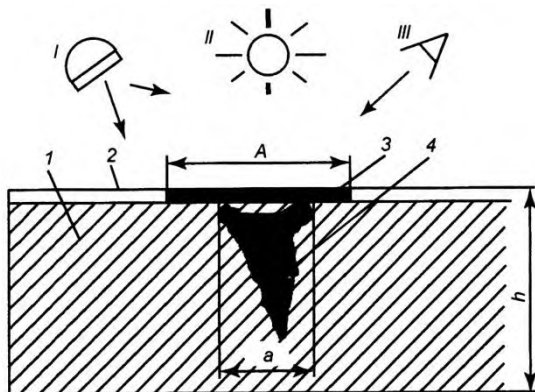


Рисунок 5.10 – Схема определения дефекта капиллярным методом:
I – источник ультрафиолетового излучения; II – источник света при цветном контроле; III – объектив;
1 – объект; 2 – проявляющее вещество; 3 – след пенетранта;
4 – трещина со следами пенетранта

Заполнение дефектов индикаторным пенетрантом (проникающим веществом) производят различными методами: капиллярным, вакуумным, компрессионным, ультразвуковым и деформационным.

Имеется несколько разновидностей капиллярного метода, позволяющих выявить поверхностные трещины шириной не менее 0,01–0,02 мм и глубиной более 0,01–0,04 мм. К ним относятся *керосиновая*, *масляная* и *цветная пробы*, где в качестве индикаторной жидкости используют керосин, минеральное масло или краситель, растворенный в керосине (или другом растворителе). В качестве проявителя используют тонкодисперсный мел или каолин.

Для цветного метода применяют переносной дефектоскоп ДМК-4. Для капиллярного контроля используют дефектоскопы моделей ДМК-4У, ДМК-5 и др., а также установки типа КД-20Л, ЦКД и их импортные аналоги.

Люминесцентный метод дефектоскопии является разновидностью капиллярного. Этот метод основан на усилении видимости дефектов при облучении их ультрафиолетовыми лучами и способности некоторых веществ (*люминофоров* – минеральных масел, некоторых солей и др.) светиться в ультрафиолетовых лучах. В качестве источника ультрафиолетовых лучей используют в основном ртутно-кварцевые лампы.

При проведении люминесцентного капиллярного контроля руководствуются ГОСТ 28369 «Контроль неразрушающий. Облучатели ультрафиолетовые. Общие технические требования и методы испытаний». При оценке герметичности сварных швов и других объектов учитывают требования ГОСТ 26182 «Контроль неразрушающий. Люминесцентный метод течеискания».

Люминесцентный контроль осуществляют на стационарных дефектоскопах моделей ЛД-2, ЛД-4, КД-21Л, а также на переносных приборах типа КД-31Л, КД-32Л и их зарубежных аналогах.

В качестве люминофоров используют как твердые, так и жидкие вещества, но предпочтение отдают жидким из-за более высокой проникающей способности. Из жидких люминофоров в основном применяют керосин или нефтепродукты с высокой пенетрацией (проникающей способностью), а также индикаторные люминесцентные жидкости типа ЛЖ (ЛЖ-1, ЛЖ-2, ЛЖ-4, ЛЖ-5, ЛЖ-6А и др.).

На рисунке 5.11 показана схема люминесцентного метода. Этот метод эффективен при выявлении усадочных трещин в отливках, закалочных и шлифовочных трещин, трещин в сварных швах и т. п.

В настоящее время получили распространение специальные комплекты, содержащие необходимые для дефектоскопии компоненты. В частности, для цветного метода применяют комплекты типа ДК (ДК-1, ДК-3, ДК-4, ДК-6, ДК-7); для люминесцентного – комплекты типа ЛЮМ (ЛЮМ-А, ЛЮМ-Б, ЛЮМ-В), а также ДК-2 и ДК-5.

Помимо ртутно-кварцевых ламп (низкого и высокого накаливания и высокого давления типа ПРК-2,

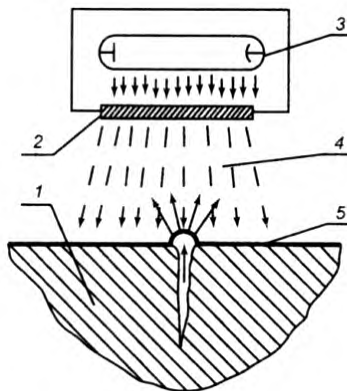


Рисунок 5.11 – Схема определения дефекта люминесцентным методом:

1 – деталь; 2 – световой фильтр; 3 – ртутно-кварцевая лампа; 4 – излучение; 5 – люминофор

ПРК-7, ДРШ-500-3 и др.) для освещения анализируемых поверхностей и проявления люминофоров используют люминесцентные ртутные лампы (например, ЛУФЧ-1), а также обычные источники освещения.

Люминесцентный метод дает возможность выявить только поверхностные дефекты, в частности, трещины шириной более 0,01 мм и глубиной более 0,03–0,04 мм.

Метод магнитной порошковой дефектоскопии состоит в намагничивании проверяемой детали и обнаружении искажений магнитного поля над дефектами с образованием в зонах дефектов индикаторных рисунков в виде скоплений магнитных частиц. Магнитные силовые линии проходят через деталь и, встречая на своем пути дефект, огибают его и рассеиваются над ним. В качестве индикатора искажений магнитного поля используют тонкодисперсный магнитный порошок (с размером частиц 1–10 мкм) в сухом состоянии или в виде суспензии. Магнитный порошок притягивается к месту рассеяния магнитного поля и осаждается в виде скопления магнитных частиц, обозначая зону дефекта. Наличие и протяженность индикаторных рисунков регистрируют визуально, с помощью оптических приборов или автоматическими устройствами обнаружения и обработки изображений.

Для выявления дефектов и оценки их геометрических характеристик в отечественной диагностике продолжают использовать ГОСТ 21105 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод». Более детально требования к последовательности измерений, материалам и оборудованию отражены в стандартах: ГОСТ ИСО 9934-1 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Часть 1. Основные требования», ГОСТ ИСО 9934-2 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Часть 2. Дефектоскопические материалы», ГОСТ 53700 (ИСО 9934-3) «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Часть 3. Оборудование». Этот стандарт гармонизирован с международными стандартами ISO.

Магнитопорошковый метод позволяет обнаруживать поверхностные и подповерхностные дефекты в виде нарушений сплошности материала: трещины различного происхождения (шлифовочные, ковочные, штамповочные, закалочные, усталостные, деформационные, травильные и др.), флокены, закаты, надрывы, волосовины, расслоения, дефекты сварных соединений (трещины, непровары, шлаковые, флюсовые и окисные включения, подрезы) и др.

Намагничивание деталей производят различными методами, применение которых зависит от конфигурации конструкции и расположения дефекта. Для намагничивания применяют постоянные магниты, а также постоянный (от аккумуляторных батарей) и переменный (от сварочных трансформаторов) ток.

В зависимости от целей и задач контроля используют универсальные и специализированные стационарные дефектоскопы, в том числе автоматизирован-

ные, универсальные и специализированные портативные (переносные) магнитопорошковые дефектоскопы, разработанные применительно к контролю разнотипных элементов конструкций, деталей, узлов и других объектов. В их числе универсальные стационарные дефектоскопы типа УМДЭ-10000, УМД-10000, УДМ-9000, АЕС-3, МД-5 и их зарубежные аналоги, предназначенные для анализа конструкций и деталей различных габаритов и конфигурации, а также переносные и передвижные дефектоскопы типа ХМД-10П, ПМД-3М, ПЛМ-70, МЛ-50П. К ним также относятся приборы магнитопорошковой дефектоскопии типа МИКРОКОН (МАГ-349, -370, -349С, -320С), которые используют для дефектации разнообразных деталей, узлов, элементов конструкций и изделий.

Метод магнитной дефектоскопии обладает большей чувствительностью, чем капиллярный. Он позволяет выявлять визуально невидимые и слабо видимые поверхностные дефекты со следующими минимальными размерами: шириной более 0,001 мм, глубиной более 0,01 мм, протяженностью более 0,5 мм.

Феррозондовый метод неразрушающего контроля основан на выявлении феррозондовым преобразователем магнитного поля рассеяния дефекта в намагниченных изделиях и преобразовании его в электрический сигнал. Метод служит для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов типа нарушений сплошности: волосовин, трещин, раковин и т. п.

При выявлении дефектов и оценке их геометрических характеристик ранее руководствовались стандартом ГОСТ 21104, в котором были установлены порядок контроля, виды и способы намагничивания, уровни чувствительности и требования к аппаратуре. Современные требования к этому методу диагностики изложены в ГОСТ 55680 «Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод», который в настоящее время действует на постсоветском пространстве.

Метод позволяет контролировать изделия любых размеров и форм, если отношение их длины к наибольшему размеру в поперечном направлении и их магнитные свойства дают возможность намагничивания до степени, достаточной для создания магнитного поля рассеяния дефекта, обнаруживаемого с помощью преобразователя.

Чувствительность метода определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия, его формой и размерами, способом контроля и видом намагничивания, чувствительностью применяемого преобразователя и электронной аппаратуры, а также магнитным полем рассеяния дефекта.

В зависимости от поставленных задач для реализации контроля применяют магнитометры «Полус» и МФ-21Ф для измерения напряженности намагничивающего поля на поверхности изделия, феррозонды моделей ФГК-0,1·2 и Фг-0,1·2 для выявления магнитных полей рассеяния дефектов

и их аналоги, а также установки МД-10Ф для автоматизированного скоростного контроля длинномерных конструкций.

Метод также применяют для выявления дефектов типа нарушения сплошности сварных швов, для контроля качества структуры и геометрических размеров изделий.

Вихретоковый метод основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с наводимым в объекте контроля электромагнитным полем вихревых токов, имеющих частоту до 1 МГц. Измерительный преобразователь (индуктивная катушка) состоит из возбуждающей оболочки, подключенной к генератору переменного тока, и измерительной обмотки, подключенной к блоку измерителя. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушку преобразователя измерительной обмотки. Взаимодействие поля вихревых токов (вторичного поля) с полем катушки (первичное поле) вызывает изменение ее электрических параметров, которые дают информацию о параметрах дефекта.

В настоящее время используют стандарт ГОСТ 24289 «Контроль неразрушающий вихретоковый. Термины и определения». С помощью вихретокового метода обнаруживают различные дефекты, залегающие на поверхности и в подповерхностном слое (на глубине 2–3 мм): несплошности металла, выходящие на поверхность или залегающие на небольшой глубине, а также разнообразные трещины, расслоения, раковины, неметаллические включения и т. д.

Важной особенностью метода является отсутствие прямого контакта между объектом контроля и преобразователем (расстояние до 2 мм). Кроме того, метод позволяет производить контроль на больших скоростях, которые недоступны другим методам. Получение информации в виде электрических сигналов, бесконтактность и высокое быстродействие вихретокового контроля определяет высокую производительность и возможность автоматизации контроля. Для реализации метода используют вихретоковые дефектоскопы модели ВИТ-3М, ВИТ-4 или их аналоги.

Ультразвуковой (акустический) метод используют для анализа дефектов в объеме конструкции. Контроль дефектов (трещин, раковин, шлаковых включений) осуществляют путем распространения в металле ультразвуковых колебаний (частотой 0,5–10,0 МГц), их отражения от дефектов и регистрации. Оценку состояния сварных швов металлоконструкций производят по ГОСТ 14782 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые».

Сущность метода состоит в том, что высокочастотные (ультразвуковые) волны в однородных материалах распространяются направленно и без значительного затухания. Но на границе «твердая среда – воздух» они почти полностью отражаются, что и используют для выявления дефектов (раковин, трещин, пустот и др.) на глубине от нескольких миллиметров до нескольких метров.

Имеется несколько разновидностей ультразвуковой дефектоскопии, из которых наиболее широко используют *импульсный метод* (эхо-метод, или ультразвуковая локация). Импульсный эхо-метод не требует отдельно излучателя и приемника. Излучатель испускает импульсные сигналы и затем автоматически переключается в режим приема сигналов. Такой комбинированный излучатель (он же приемник сигналов), как правило, располагают на зонде (в виде плоского или призматического щупа), что значительно расширяет возможности анализа различных по конфигурации и габаритам конструкций. Для их изготовления используют пластины из титаната бария (BaTiO_3), который имеет очень большой пьезоэффект (в 500 раз выше, чем у кварца).

На рисунке 5.12 представлена принципиальная схема импульсного ультразвукового дефектоскопа. К объекту 1 подводят щуп, в который вмонтирован излучатель-приемник 2. Если объект не имеет дефектов, то на экране электронно-лучевой трубки 5 возникает два сигнала: импульс *а* (зондирующий сигнал – от передней поверхности объекта) и импульс *б* (донный сигнал – от его задней поверхности). Если же в объекте имеется дефект, возникает дополнительный сигнал, который отражается от поверхности дефекта, – в виде импульса *б*, амплитуда которого дает информацию о размере дефекта.

И индикатором может служить не только электронно-лучевая трубка (как в упомянутой схеме). В современных дефектоскопах используют жидкокристаллические и плазменные дисплеи, которые портативны и более экономичны. Кроме того, в современных моде-

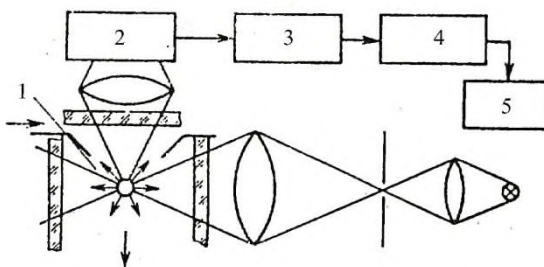


Рисунок 5.12 – Схема импульсного ультразвукового дефектоскопа:

1 – объект; 2 – излучатель-приемник; 3 – генератор импульсов; 4 – усилитель сигналов; 5 – электронно-лучевая трубка; 6, 7 – отклоняющие пластины; 8 – блок питания; 9 – развертывающее устройство

лях широко применяют элементы вычислительной техники для настройки в диалоговом режиме работы, а также для автоматического измерения характеристик дефектов. Имеются дефектоскопы, построенные на базе портативного компьютера, который обеспечивает возможность корреляционной обработки эхо-сигналов и изучение их спектра, что значительно расширяет возможности метода.

Для ультразвуковой дефектоскопии используют различные модели дефектоскопов, в их числе УДМ-1М, УДМ-3М, ДУК-66П, УД-10УА, а также дефектоскопические ультразвуковые системы типа «Socomate int.» (Франция), «Olympus NDT inc.» Канада).

Ультразвуковые дефектоскопы с высокой степенью точности выявляют (помимо поверхностных) внутренние дефекты в объеме конструкции (раковины, трещины, пустоты, непровары и др.). Эхо-метод, как наиболее чувствительный и помехоустойчивый, используют для анализа различных объектов, в том числе сварных соединений, многослойных конструкций и др.

По результатам оценки технического состояния металлоконструкций при диагностировании осуществляют техобслуживание базовых конструкций и их элементов, а также принимают решение о масштабах мероприятий по восстановлению дефектных мест.

5.5 Рабочие органы

Техническое обслуживание рабочих органов состоит из типовых технологических операций, обеспечивающих их работоспособность: внешнего осмотра, диагностирования состояния элементов рабочего оборудования, крепежно-регулирующих и смазочно-заправочных работ, устранения отказов.

Рабочие органы путевых машин подвергаются воздействию силовых нагрузок, абразивному и коррозионному изнашиванию. Наиболее интенсивно снижается работоспособность рабочих органов, которые взаимодействуют с абразивными материалами (грунтом, щебнем). К ним относятся рабочие органы или их элементы, которые контактируют с разрабатываемым материалом за счет вращательного, поступательного или возвратно-поступательного движения. Величина их износа главным образом зависит от интенсивности этого взаимодействия.

Наибольшее влияние на работоспособность рабочих органов путевых машин, которые взаимодействуют с разрабатываемым материалом (грунтом, щебнем и др.), оказывает трение и абразивный износ рабочего оборудования. Интенсивность взаимодействия рабочих органов с разрабатываемыми материалами и объектами определяет их долговечность. Различают активные и пассивные рабочие органы, а также базовые элементы.

Активные рабочие органы – это элементы рабочего оборудования, которые взаимодействуют с разрабатываемым материалом с высокой интенсивностью за счет вращательного, поступательного или возвратно-поступательного воздействия на него. В их числе ковшовые роторные устройства для вырезки грунта машин для ремонта земляного полотна; вырезающие устройства (роторные, цепные ковшовые, скребковые и баровые) щебнеочистительных машин; устройства для пробивки балласта электробалластеров; подбойки подбивочных блоков для уплотнения балласта выправочно-подбивочно-рихтовочных машин; уплотнительные клинья выправочно-подбивочно-отделочных машин и др.

Пассивные рабочие органы – это элементы рабочего оборудования поступательного действия с относительно низкой интенсивностью взаимодействия с материалом или объектом разработки. В их числе плужные устройства различной конфигурации (плуги планировщиков балласта, щиты и боковые крылья дозаторов электробалластеров, боковые и откосные крылья, балластные подкрылки стругов-снегоочистителей, подгребающие крылья выправочно-подбивочно-рихтовочных машин, балластные плуги выправочно-подбивочно-отделочных машин), ленточные и скребковые транспортеры для перемещения и распределения грунта, щебня и засорителей различных машин (машин для ремонта земляного полотна, вакуумных уборочных машин, выправочно-подбивочно-рихтовочных и выправочно-подбивочно-отделочных машин и др), сита разделительных грохотов различных машин, шпальные и рельсовые щетки электробалластеров и др.

Базовые элементы рабочих органов (рамы, балки, стойки и др.) подвергаются статическим и динамическим нагрузкам, а также физико-химическому воздействию внешней среды, которые вызывают их усталостное и коррозионное разрушение.

Более детально особенности технического обслуживания рабочих органов рассмотрены для каждого типа машин в разделе 6.

5.6 Системы управления

Путевые машины, работающие на отечественной железной дороге, оснащают в основном автоматизированными и автоматическими системами управления. Каждая из них содержит следующие обязательные элементы:

- датчики (устройства измерения);
- усилители (технические устройства формирования сигналов управления);
- исполнительные устройства (двигатели сервоприводов и др.).

При этом усилитель и исполнительное устройство, как правило, объединяют в единый блок (который и именуют усилителем).

Состав работ, порядок и периодичность проведения их технического обслуживания зависят от типа системы управления и состава ее компонентов.

Напомним, что в зависимости от степени автоматизации системы управления используют усилители гидравлического, пневматического, электрического и комбинированного (электропневматического, электрогидравлического, гидропневматического и гидропневмоэлектрического) типов. Все они имеют типовые детали и узлы, техобслуживание которых проводят типовыми методами, а также специализированные устройства и механизмы, обслуживание которых регламентировано инструкциями производителя.

Каждый из усилителей потребляет часть мощности ДВС для управления рабочим оборудованием, ходовой частью и другими механизмами. В гидроусилителях рычаги частично или полностью заменяют исполнительными гидроцилиндрами, в пневмоусилителях – исполнительными пневмоцилин-

драми, которые создают необходимые усилия включения муфт, тормозов и позиционирования рабочих органов. В электроусилителях используют контроллеры, магнитные пускатели, реле, тормозные электромагниты и др. Комбинированные усилители (электропневматические, электрогидравлические, гидропневматические, гидропневмоэлектрические и др.) расширяют возможности дистанционного управления узлами и агрегатами машин.

Отдельную группу относительно простых механизмов контролируют неавтоматизированные системы управления непосредственного действия с использованием механических устройств рычажного типа или гидромеханических устройств с гидроцилиндрами.

Независимо от степени автоматизации системы управления практически все виды воздействий сводятся к механическому воздействию на объект управления (двигатель, элементы трансмиссии, рабочие органы, тормоза и вспомогательные устройства) за счет изменения усилия или крутящего момента, величины перемещения или скорости поступательного или вращательного движения.

Техобслуживание механической части исполнительных (управляющих) устройств не отличается от обслуживания механических передач силовых трансмиссий путевых машин. Соответственно, техобслуживание состоит из типовых технологических операций, обеспечивающих их работоспособность: внешнего ухода, оценки технического состояния, крепежно-регулирующих и смазочно-заправочных работ, устранения отказов. Работы по внешнему уходу всегда предшествуют последующим операциям и предусматривают очистку передач от пыли, загрязнений и подтеков смазочных материалов.

Техобслуживание гидравлической части управляющих устройств проводят в соответствии со специальными требованиями, заложенными в инструкциях по их эксплуатации. Эти требования относятся к типовым элементам гидрооборудования (насосам, гидродвигателям поступательного и вращательного действия, фильтрам, гидроаппаратуре и др.), которые незначительно отличаются от требований по обслуживанию элементов силового гидропривода машин, включая рабочие жидкости гидросистем. Их техническое состояние контролируют по температуре рабочей жидкости и скорости ее нарастания, полному КПД передачи, количественному и качественному изменению рабочей жидкости, а также по нетипичным акустическим шумам. Значительное влияние на их работоспособность оказывают нарушение герметичности, износ сопряжений в гидроаппаратах, засорение фильтров и загрязнение рабочей жидкости.

Техобслуживание включает обслуживание насосов и гидродвигателей, а также другой гидроаппаратуры. Обслуживание насосов включает обеспечение штатных режимов эксплуатации, исключающих превышение давления в напорной линии и превышение температуры сверх допустимой. Обслуживание гидромоторов состоит в сохранении плавности вращения вала и его соосности по отношению к валу исполнительного устройства, в обеспечении отсутствия посторонних шумов и утечек. Обслуживание гидроцилин-

дров заключается в регулярном внешнем осмотре, подтяжке креплений и обеспечении исправности уплотнений. Обслуживание гидролиний заключается в их наружном осмотре, подтяжке соединений и устранении течей. Техобслуживание других элементов гидроаппаратуры состоит в проведении профилактических типовых операций по сохранению их исправности.

Выбор рабочих жидкостей зависит от рабочего давления, температурного диапазона, скоростей движения выходного звена гидродвигателя и условий эксплуатации насоса. Подвижные детали во многих элементах гидрооборудования изготавливают без внутренних уплотнений, а герметичность их сопряжений обеспечивается малыми зазорами в сопряжениях. С увеличением давления и снижением вязкости рабочей жидкости увеличиваются ее утечки, что сопровождается снижением КПД и неравномерностью движения выходных звеньев. Поэтому при эксплуатации рабочей жидкости создают условия, при которых она сохраняет длительное время первоначальные физические свойства, включая вязкость и чистоту, не допуская попадания загрязнений, воды и других технологических жидкостей.

Диагностические методы контроля чистоты рабочей жидкости разделяют на визуальные (гранулометрические и др.) и инструментальные (фотоэлектрические и др.). Чистоту жидкости визуальными методами оценивают по количеству осадков, например, на фильтрах тонкой очистки. Более точными являются инструментальные методы.

Одним из наиболее информативных является фотоэлектрический метод, основанный на оценке количества и размера частиц загрязнений по величине электрического тока. Контролируемая жидкость (рисунок 5.13) проходит через датчик 1, при этом световой поток, рассеянный частицами загрязнений, регистрируется фотоприемником 2 и преобразуется в усилителе 3 в электрический ток, пропорциональный размеру и количеству частиц. Далее через анализатор 4 данные выводятся на индикатор 5.

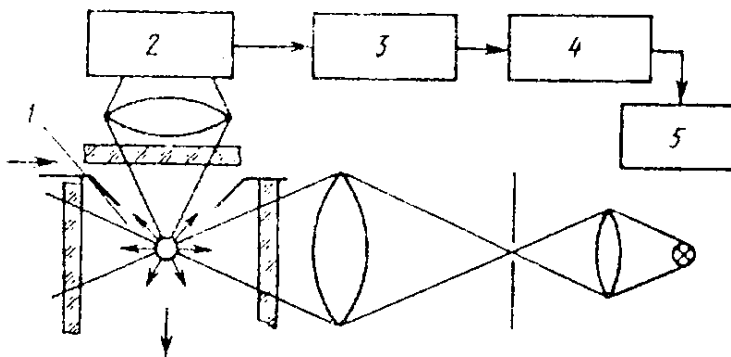


Рисунок 5.13 – Схема фотоэлектрического метода контроля чистоты рабочей жидкости:
1 – датчик; 2 – фотоприемник; 3 – усилитель; 4 – анализатор; 5 – индикатор

Техобслуживание пневматических управляющих устройств сводится к обеспечению необходимой подготовки сжатого воздуха и контролю работы пневмодвигателей и пневмоаппаратуры. Герметичность элементов пневмосистемы (соединений, трубопроводов и уплотнительных устройств) контролируют органолептически (путем осмотра и прослушивания) или с помощью инструментальных методов, позволяющих обнаружить утечки.

В ходе осмотра пневматических устройств проверяют функционирование пневмодвигателей и других элементов, контролируют степень загрязнения фильтров по количеству конденсата в фильтрах-влагоотделителях и количеству масла в маслоотделителях, проверяют герметичность уплотнений и подтяжку креплений, проверяют исправность электропроводки к пневматическим устройствам с электрическим управлением, а также проводят другие мероприятия, предусмотренные инструкцией по эксплуатации.

Техобслуживание электрических управляющих устройств включает оценку технического состояния основных элементов (контроллеров, реле, электромагнитных контакторов, резисторов и др.), которые осуществляют управление пуском и торможением, реверсированием и изменением частоты вращения электродвигателей, выполняют включение механизмов в заданной последовательности, коммутируют электрические цепи и т. п. Техобслуживание обеспечивает их эксплуатацию с параметрами, заданными нормативно-технической документацией.

Относительно простые работы по техобслуживанию механических, гидравлических и пневматических частей управляющих устройств осуществляют в основном на предприятиях приписки силами экипажа совместно со специалистами ремонтных служб предприятий. Более сложные работы по техническому обслуживанию электрических, электронных и электронно-гидравлических систем управления осуществляют по рекомендациям инструкций по эксплуатации специальные ремонтные службы.

Системы управления с электронными, электрическими и электромагнитными усилителями используют в основном в машинах с дизель-электрическими и электрическими силовыми установками для управления двигателями, тормозами и муфтами, установкой рабочих органов, вспомогательными устройствами и механизмами. Как было отмечено, все они имеют механическую часть в виде различных передач (червячных, зубчатых, рычажно-шарнирных и др.).

В системах автоматического управления техобслуживание и контроль проводят не по отдельным элементам, а по блокам или по всей системе управления в целом. Большинство современных путевых машин имеют бортовые системы диагностирования, обеспечивающие непрерывный контроль технического состояния машины путем проверки работоспособности ее основных частей (двигателя, трансмиссии, гидро- и пневмосистем, электрооборудования и др.) и выявления неисправностей и отказов отдельных бло-

ков (агрегатов или узлов). При этом во избежание получения недостоверной информации электронные блоки управления осуществляют постоянную самодиагностику датчиков и управляющих устройств, а также показателей внутреннего состояния системы управления, включая проверку исправности основных электрических цепей, анализ откликов основных устройств на тестовые сигналы, измерение сигналов в определенных точках системы и их сравнение с эталонными значениями.

Техобслуживание сложных автоматических систем управления осуществляют специальные ремонтные службы. В нормативно-технической документации по эксплуатации путевых машин запрещено самостоятельно вскрывать блоки систем управления.

Современные конструкции зарубежных машин имеют различные электронные, электро- и гидроуправляемые узлы и агрегаты. Высокая цена заменяемых узлов и элементов делает актуальной задачу наиболее полного использования их ресурса. Такая постановка проблемы значительно повышает роль диагностирования в системе техобслуживания как основы управления качеством технического состояния системы. Как показывает практика, отказы в основном связаны с нарушением регламента работ по техобслуживанию, низким качеством применяемого дизельного топлива и смазочных материалов.

Ведущие машиностроительные предприятия и их сервисные службы используют информационные системы управления техобслуживанием и ремонтом машин, которые объединяют организацию, проведение, учет и анализ работ по техобслуживанию и ремонту машин. Использование таких систем дает предприятию количественные показатели эффективности техобслуживания и ремонта, которые характеризуют работоспособность диагностического оборудования, эффективность планирования техобслуживания и ремонта и затраты на ремонтно-профилактические мероприятия. Упомянутые системы включают ведение базы данных по оборудованию, каталог запасных частей и материалов, планирование состава и периодичности работ по техобслуживанию, формирование потребности в запасных частях и материалах, классификацию и анализ дефектов и отказов, формирование актов инвентаризации и списания, учет наработки оборудования, анализ работоспособности оборудования, анализ эффективности планирования и затрат на ремонтно-профилактические мероприятия.

Контрольные вопросы

- 1 В чем состоит подготовка новой машины к эксплуатации?
- 2 Какие виды хранения используют на отечественных предприятиях?
- 3 Какие виды технического обслуживания используют для обеспечения работоспособности путевых машин при эксплуатации?
- 4 В чем состоят отличия периодического обслуживания ТО-1 от ТО-2?

5 Опишите операции, которые составляют технологический процесс техобслуживания дизельных ДВС.

6 По каким критериям оценивают техническое состояние силовых механических передач?

7 По каким характеристикам контролируют техническое состояние гидropерепдач?

8 Назовите основные неисправности гидropерепдач и обоснуйте их значимость для эксплуатации гидропривода.

9 По каким показателям оценивают работоспособность гидромеханических перепдач?

10 Назовите основные неисправности электромашин постоянного тока.

11 Какой фактор является критерием работоспособности букс ходовых систем и от чего он зависит?

12 Опишите характерные виды разрушения металлоконструкций рам и балок машин и причины, их вызывающие.

13 Опишите основные методы ультразвуковой дефектоскопии рамных конструкций машин.

14 Какие основные элементы содержит система управления путевых машин?

15 В чем состоят различия между техобслуживанием силового гидропривода и гидросервопривода?

16 Опишите особенности техобслуживания гидравлических и пневматических усилителей.

6 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Техническое обслуживание специального железнодорожного подвижного состава является ответственным мероприятием поддержания его работоспособности, предупреждения неисправностей и отказов, соблюдения правил безопасной эксплуатации, включая экологическую. С помощью СПС проводят разнообразные путевые работы, в том числе строительство, реконструкцию, содержание и ремонт железнодорожного пути, а также не менее значимые работы по доставке материалов и обслуживающего персонала в рабочую зону. Соответственно, каждая путевая машина является сложным транспортно-технологическим комплексом, оснащенным многозвенными агрегатами, которые включают типовые детали, конструкции и сборочные единицы, а также оригинальные узлы и агрегаты (комбинированные приводы, содержащие в различном сочетании механические, гидравлические и электрические передачи; пневматические и электрогидравлические тормозные системы; электронные системы управления агрегатами и рабочими органами машины и др.). Их техобслуживание осуществляют по отработанным на предприятиях дороги методикам, которые базируются на требованиях нормативно-технической документации предприятия изготовителя этих машин.

Основные различия путевых машин состоят в особенностях конструкции их рабочих органов, которые обуславливают интенсивность воздействия обрабатываемых объектов на элементы рабочих органов и, как следствие, на их работоспособность и долговечность. Оригинальные элементы, в том числе рабочее оборудование, требуют индивидуального подхода к оценке их технического состояния.

Независимо от технологии путевых работ и специфики рабочих органов машин, их техническое обслуживание концептуально сводится к решению следующих основных задач:

- 1) проведению организационно-технических мероприятий по обеспечению точного и неукоснительного соблюдения требований техники безопасности при эксплуатации машин;
- 2) перманентному контролю технического состояния узлов и агрегатов;
- 3) обязательному исполнению рекомендаций по маркам используемых эксплуатационных материалов, а также их своевременной замене;
- 4) выполнению работ по техобслуживанию в строгом соответствии с планами-графиками, учитывающими рекомендуемые нормативными документами состав, структуру и объемы работ.

На предприятиях железной дороги работы по техобслуживанию проводят в рамках системы ППР, которая имеет следующие достоинства:

- высокую безопасность движения поездов;
- малое число случайных отказов и неисправностей;
- фиксированный объем ремонтных работ;
- плановость постановки в ремонт и прогнозирование их количества на любой эксплуатационный период;
- возможность финансового планирования.

Работы по техобслуживанию выполняют по заранее составленному плану и носят периодический характер с четко выраженной повторяемостью.

Абстрагируясь от особенностей конструкции, в самом общем случае техобслуживание большинства путевых машин включает следующие операции:

- проверку комплектности инструмента, принадлежностей, оборудования;
- **техническое обслуживание:**
- устройств безопасности (КЛУБ УП и др.);
- тормозной системы;
- силовой установки;
- рамы с автосцепкой;
- колесных пар и тележек;
- трансмиссии;
- кабины;
- рабочих органов;
- электрооборудования;
- гидравлической системы;
- пневматической системы.

Производители машин в своей нормативно-технической документации, в том числе в инструкциях по техническому обслуживанию машин, дают четкие рекомендации по операциям обслуживания их агрегатов, узлов и систем, а также по составу, очередности работ и срокам их проведения, используемым материалам и рабочим жидкостям. Эти документы являются обязательными к исполнению (особенно на этапе гарантийного обслуживания машин производителем), поскольку они обеспечивают заданные показатели безотказности и долговечности деталей, составных частей и машины в целом. На предприятиях Белорусской железной дороги, эксплуатирующих путевые машины, разрабатывают подробные инструкции для непосредственных исполнителей (обслуживающего персонала машины или ремонтной бригады), в которых расписаны конкретные операции, касающиеся обслуживания отдельных узлов, агрегатов и подсистем. В основе этих инструкций лежат рекомендации производителя, а также требования стандарта СТБ БЧ 56.428 «Специальный железнодорожный подвижной состав. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт».

На отечественной дороге важную роль в технологических процессах реконструкции, содержания и ремонта железнодорожного пути играют ав-

стрийские путевые машины компании «Plasser & Theurer», техобслуживание которых включает операции общего и частного характера. К операциям общего характера относят:

- очистку;
- визуальный контроль;
- пополнение и замену расходных средств;
- смазку;
- замену расходных средств.

Помимо общих требований к техобслуживанию специфику конструкции узлов, агрегатов и систем каждой машины учитывают в виде специальных требований к операциям обслуживания ее составных частей.

Очистка проводится в тех случаях, когда загрязнения не дают возможности обеспечить эффективное техобслуживание. Кроме того, она позволяет более детально произвести визуальный контроль рассматриваемого узла или агрегата машины.

По инструкции для ряда конструктивных узлов дополнительно предписывают проведение периодической очистки. При этом особенно важно своевременно чистить охладители. Для очистки не рекомендуют использовать легковоспламеняющиеся жидкости и едкие химические средства. Кроме того, рекомендуют проводить не реже раза в год чистку днища машины.

Визуальный контроль в зависимости от времени проведения разделяют на простой, расширенный и немедленный. Его цель состоит в проверке наличия опасных изменений, а также в максимально раннем обнаружении аномального износа и других недопустимых изменений параметров для того, чтобы своевременно принять подходящие меры. Для успешного проведения визуального контроля требуются квалифицированные специалисты, наделенные соответствующими полномочиями.

К опасным изменениям относят большое или неравномерное изнашивание отдельных элементов, ощутимые деформационные изменения, появление пористости и нарушение герметичности, образование трещин и надрезов, поломку конструктивных элементов, коррозионные разрушения, неплотную посадку резьбовых соединений, отсоединившиеся предохранительные элементы, изменение цвета рабочих поверхностей элементов из-за воздействия высоких температур, загрязнение радиаторов, трудности в заполнении емкостей рабочими жидкостями и т. п.

Простой визуальный контроль обычно проводят до ввода машины в эксплуатацию и после работы. Перед ежедневным вводом машины в эксплуатацию или после длительного простоя рекомендуют визуально проверить общее состояние машины.

Конструктивные элементы визуально проверяют на наличие опасных дефектов, например, повреждений и трещин, деформаций и поломок, коррозии, изменения цвета в связи с влиянием высокой температуры, герметичности, состояния и посадки предохранительных элементов.

Расширенный визуальный контроль проводят ежемесячно с использованием монтажной ямы. Кроме того, он требуется до ввода машины в эксплуатацию, если неизвестно ее эксплуатационное состояние или же она была в простое в течение длительного периода времени.

Немедленный визуальный контроль проводят при возникновении необычных и опасных изменений состояния машины при эксплуатации (возникновение дыма, огня и шума, избыточный расход топлива и рабочих жидкостей, изменение цвета вследствие воздействия тепла, запах перегретых деталей и прочее).

Пополнение расходуемых материалов. Проверку расходуемых материалов (топлива, моторного масла и других рабочих жидкостей, кислоты в аккумуляторных батареях и др.) производят при нахождении машины на равнинном участке пути (без подъема или уклона). При проверке должны быть обеспечены требования техники безопасности, прописанные в инструкциях по эксплуатации машин.

Смазка. При смазывании узлов и агрегатов машины предварительно удаляют загрязнения, засмоленные масло или консистентную смазку.

Все измерительные и натяжные тележки смазывают маслом или консистентной смазкой в соответствии с заданным интервалом техобслуживания.

Кроме того, каждые 50 часов эксплуатации все гидро- и пневмоцилиндры следует визуально проверить (даже если эта операция не указана в руководстве по техобслуживанию) и при необходимости смазать маслом или консистентной смазкой.

Все подвижные элементы, которые не приведены в руководстве по техобслуживанию (штоки поршней, крепления цилиндров, направляющие буksы, шпиндели, поверхности скольжения и т. п.), каждые 50 часов работы должны быть смазаны моторным маслом или консистентной смазкой (например, Shell Gadus S2 V100).

При смазывании консистентной смазкой давление в шприце не должно превышать 15 бар. При этом шприц и смазочные ниппели опорных участков должны быть очищены до и после смазывания. Смазывание проводят до тех пор, пока у опорных участков не выйдет свежая (чистая) консистентная смазка, излишки которой удаляют.

Замена расходуемых средств. Эти работы проводят в четком соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации машин. Они касаются фильтрующих элементов двигателя, трансмиссии, гидро- и пневмосистем, а также масел и тормозных колодок.

Фильтры. Первую замену топливных фильтров, а также фильтров пропорционального и сервоуправления осуществляют через 100 часов работы, а затем в соответствии с инструкцией по техобслуживанию.

Двигатель:

– масляный фильтр – замена через каждые 250 часов работы (или при каждой смене масла);

– топливный фильтр – замена через каждые 500 часов работы (при плохом качестве дизтоплива интервал замены уменьшают);

– воздушный фильтр – очистка фильтрующего элемента через каждые 250 часов (замена не менее одного раза в год). После пяти циклов техобслуживания фильтра (но не более 2 лет эксплуатации) замена патрона безо-пасности.

Коробка передач. Масляный фильтр – замена через каждые 500 часов работы.

Гидросистема:

– всасывающий фильтр бака – замена через каждые 250 или 500 часов работы (в зависимости от степени загрязнения);

– обратный фильтр бака – замена через каждые 500 часов работы.

Пневмосистема. Фильтрующий элемент воздушной сушилки – замена через каждые 500 мото-часов, но не реже одного раза в год.

Масла. Первую замену всех масел в двигателях и коробках передач проводят через 100 часов работы, а затем в соответствии с инструкцией по тех-обслуживанию.

Тормозные колодки меняют в соответствии с инструкцией по техобслу-живанию. При этом после каждой замены следует производить контроль тормозов, поскольку для не приработанных и не обкатанных новых колодок тормозной эффект, как правило, снижается. Поэтому желательно колодки менять не одновременно, а в два этапа.

Согласно стандарту организации СТП БЧ 56.428, техобслуживание включает традиционные виды: ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Каждое из них со-держит общие требования к узлам и агрегатам машины, а также рекоменда-ции, обусловленные особенностями назначения и спецификой конструкции машины, ее основных частей и систем.

Напомним, что **ЕТО** выполняют перед началом работы или в течение смены. Если следовать точным указаниям требований упомянутого СТП, в его составе значатся внешний осмотр, очистка от загрязнений, проверка крепежных соединений, проверка исправности силовой установки и приво-дов механизмов, рабочих органов, ходового оборудования (ходовых теле-жек, колесных пар, буксовых узлов, осевых редукторов) и тормозной систе-мы, автосцепных устройств, кранового оборудования, гидро- и пневмоси-стем, систем управления и безопасности, а также смазывание узлов и агре-гатов машины в соответствии с картой смазки.

ТО-1 проводят обычно через 50 моточасов эксплуатации. Оно включает ра-боты, предусмотренные ЕТО, а также профилактические работы, регламенти-рованные эксплуатационной документацией двигателя, генератора и других агрегатов, включая очистку воздухоочистителя и спускного патрубка глушите-ля дизеля; проверку тормозного оборудования, включая выход штока тормоз-ного цилиндра, осмотр соединительных рукавов, при необходимости регули-ровку тормозной рычажной передачи и замену тормозных колодок.

ТО-2 проводят через 250 моточасов эксплуатации. Оно включает работы, предусмотренные ТО-1, а также техобслуживание силовой установки, генератора, компрессора и других агрегатов, установленных на машине, в объеме, предусмотренном соответствующими эксплуатационными документами.

ТО-3 проводят через 500 моточасов эксплуатации. Оно включает все работы, предусмотренные ТО-2. При необходимости проверки, наладки или ремонта обслуживаемые приборы, механизмы и агрегаты вскрывают или снимают с машины.

ТО-800 проводят через 800 моточасов эксплуатации в тех случаях, если оно указано в руководстве по эксплуатации машины. При его проведении производят работы, предусмотренные ТО-1, а также обслуживание силовой установки, трансмиссии и привода рабочих органов, гидросистемы, включая смазывание составных частей в соответствии с картами смазки машины.

Таким образом, каждое последующее техобслуживание (кроме ТО-800) включает все работы предыдущих этапов техобслуживания.

Специфика технического обслуживания машин связана с особенностями путевых работ. Соответственно, если в ходе выполнения работ по техобслуживанию в деталях, узлах и агрегатах выявляют дефекты, влияющие на безопасность движения, то к выполнению работ по их устранению привлекают службы, отвечающие за безопасность эксплуатации машин.

6.1 Эксплуатация и обслуживание машин для уплотнения балласта, выправки и отделки пути

При эксплуатации железнодорожного пути динамические и статические нагрузки от движения подвижного состава снижают деформационную устойчивость балластного слоя. Помимо этого, на его устойчивость значительное влияние оказывают изменения щебеночного основания, связанные с истиранием и слипанием частиц, намывами и отложениями грунта, а также изменения состояния земляного полотна, вызванные осадками и ухудшением дренажных характеристик при сезонных перепадах температур. Всё это в целом может привести к нарушению положения рельсошпальной решетки (РШР), что в свою очередь обуславливает расстройство железнодорожного пути.

Для восстановления проектного положения РШР осуществляют ее выправку, а также подбивку и уплотнение щебеночного балласта. Для этих целей используют различные путевые машины, которые классифицируют по следующим основным признакам:

1) *по назначению* – выправочно-подбивочные магистральные (для пути), выправочно-подбивочные универсальные (для пути, пересечений и стрелок), стабилизирующие, балластоуплотнительные, балластораспределительные и путерихтовочные машины;

2) *по периодичности действия* – циклического, непрерывно-циклического и непрерывного действия;

3) *по числу одновременно подбиваемых шпал* – с одиночной и групповой (двух-, трех- и четырехшпальной) подбивкой;

4) *по расположению зоны уплотнения балласта* – в шпальных ящиках, подшпальных, откосно-плечевых и междупутных зонах;

5) *по направлению обжатия балласта* – вдоль и поперек пути под шпалу, со стороны торцов шпал к середине пути, вертикально вниз через путевую решетку и через шпальные ящики, под углом к горизонту вниз на откосе призмы.

Как и любая другая классификация, она достаточно условна, но тем не менее дает представление о различиях технологии путевых работ и конструкции машин для их реализации.

Подбивку и уплотнение балласта обеспечивает его виброобжатие различными по конструктивному исполнению рабочими органами. При этом вибрирование элементов рабочего органа в заданном (горизонтальном, вертикальном или другом) направлении сочетается с его принудительной силовой подачей или давлением.

Уплотнение щебня в подшпальной зоне осуществляют в двух вариантах: во-первых, за счет его горизонтального виброобжатия лопатками подбоек (со стороны продольных кромок шпал) – для машин циклического и непрерывно-циклического действия; во-вторых, за счет виброобжатия наклонными в плане клиньями виброплит (со стороны торцов шпал) – для машин непрерывного действия. Уплотнение балласта в откосно-плечевой или междупутной зонах производят также виброплитами, прижимаемыми к балласту. Уплотнение балласта в шпальных ящиках реализуют через штампы.

Основное воздействие на балласт обеспечивают подбивочные блоки с помощью подбоек в виде лопаток из высокопрочных износостойких материалов. Блоки уплотняют балласт под шпалами горизонтальным виброобжатием лопатками подбоек после их заглубления под подошвы шпал при асинхронном способе подбивки. Имеется несколько конструктивных схем, которые используют в машинах для выправки, подбивки и рихтовки пути.

На машины ВПР-02 и ВПР-02М устанавливают подбивочный блок, схема которого представлена на рисунке 6.1. Эксцентриковый вал приводят во вращение от гидромотора через упругую муфту, которая позволяет амортизировать высокочастотные крутильные колебания.

Схема более совершенного подбивочного блока приведена на рисунке 6.2. Составной эксцентриковый вал 11 получает вращение от гидромотора 7 через упругие муфты, амортизирующие высокочастотные крутильные колебания. Вибрации подбоек вызывают два эксцентриковых вала 11 и усиливают маховики 10 и 14. На валах располагают шатунные гидроцилиндры 5, 6, 8 и 9, которые передают эксцентриковое движение рычагам 3 и 4 и приводят в движение подбойки. Асинхронность их действия при обжатии позволяет эффективно подбивать щебень.

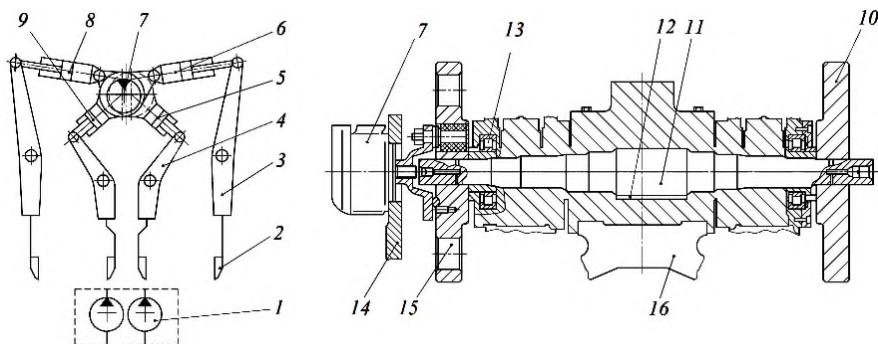


Рисунок 6.1 – Схема подбивочного блока с цельным дебалансным валом:
 1 – насосная станция; 2 – подбойка; 3, 4 – рычаги; 5 – внутренний гидроцилиндр; 6 – верхний цилиндр подбивочного блока; 7 – гидромотор; 8 – вилкообразный внешний цилиндр; 9 – вильчатый гидроцилиндр; 10, 15 – маховики; 11 – дебалансный вал; 12 – дебаланс; 13 – подшипниковый узел; 14 – кронштейн; 16 – станина

Подобные подбивочные блоки устанавливают на машины Plasser Duomatic 09-32 CSM, Plasser Duomatic 08-32 CSM, Dynamic Stophexpress (ВПР-09-3Х), Dynamic Stophexpress 09-4Х ЕЗ (ВПР-09-4Х) и др.

Упомянутые конструкции подбивочных блоков применяют для одиночной и групповой подбивки шпал.

Одношпальные подбивочные блоки используют в таких машинах, как Unimat Compact 08-275/3S-16, Plasser 08-275/3S, ВПРС-02, ВПРС-03 и др. Наличие шарнирных рычагов обеспечивает возможность изменения положения подбоек при уплотнении балласта в зависимости от расположения рельсовых нитей на стрелочных переводах.

Двухшпальные блоки устанавливают на машины Plasser Duomatic 09-32 CSM (ВПР 09-32), Plasser Duomatic 08-32 CSM (ВПР 08-32), ВПР-02, ВПР-02М и др. В блоках этих машин для работы на стрелочных переводах используют откидывающиеся подбойки.

Трех- и четырехшпальные блоки обеспечивают повышенную производительность машин. Трехшпальные блоки устанавливают на машины Dynamic Stophexpress 09-3Х (ВПР-09-3Х), а четырехшпальные – на Dynamic Stophexpress 09-4Х ЕЗ (ВПР-09-4Х).

По данным производителя австрийских машин компании «Plasser & Theurer», наиболее эффективное уплотнение щебня может быть реализовано при следующих параметрах подбивки:

- частота подбивки 35 Гц;
- амплитуда удара бойков 3–5 мм;
- давление при асинхронной подбивке 115–125 бар;
- время подачи 0,8–1,3 с;

– глубина подбивки (расстояние между верхней кромкой конца бойка и нижней постелью шпал) 15–20 мм.

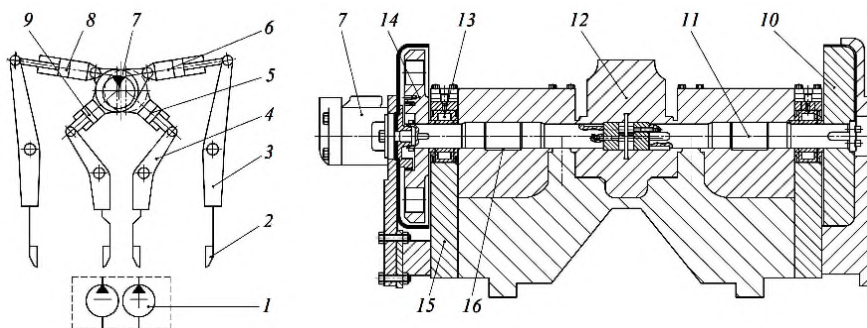


Рисунок 6.2 – Схема подбивочного блока с составным дебалансным валом:
1 – насосная станция; 2 – подбойка; 3, 4 – рычаги; 5 – внутренний гидроцилиндр; 6 – верхний цилиндр подбивочного блока; 7 – гидромотор; 8 – вилкообразный внешний цилиндр; 9 – вильчатый гидроцилиндр; 10, 14 – маховики; 11 – дебалансный вал; 12 – станина; 13 – коренной подшипниковый узел; 15 – опорный кронштейн; 16 – дебаланс

При уплотнении щебня элементы рабочего оборудования во всех вариантах конструктивного исполнения оказывают динамическое, вибрационное и статическое воздействия на щебень, которые вызывают в рабочих органах интенсивное абразивное изнашивание и усталостные разрушения. Жесткие условия эксплуатации вынуждают использовать износостойкие материалы, обеспечивающие заданную долговечность рабочих органов.

Для выправки РШР (в продольном профиле, плане и по уровню) используют подъемно-рихтующие устройства (ПРУ), которые различаются конструктивным исполнением и принципом действия. Для устранения небольших неровностей РШР используют гидравлические путевые домкраты и рихтовочные приборы или моторные гидравлические рихтовщики. Для подъема РШР применяют устройства опорного и навесного типа с различными захватными приспособлениями.

Элементы ПРУ также взаимодействуют с уплотняемым материалом, но менее интенсивно, чем уплотняющие элементы. Поэтому основными причинами снижения их работоспособности являются усталостные процессы, в результате которых накапливаются микротрещины в материалах, а также происходят коррозионные явления.

На предприятиях Белорусской железной дороги используют специализированные машины, которые обеспечивают выправку и рихтовку пути, а также отделку и уплотнение балластной призмы. Их технические характеристики приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технические характеристики машин ВПР

Параметр	ВПР-08-32 (Duomatic 08-32 Center Tool)	ВПР-09-32 (Duomatic 09-32 CSM)	ВПР-02М	ВПР-09-3Х (Dynamic Stophex- press 09-3X)
Общая масса, т	58,3	73,0	56,0	124,0
Мощность, кВт	235 (300)	348	220	440+170
Длина, мм	24900	24200	23450	34020
Подбивочный блок	Двухшпальный			Трехшпальный
Количество подбо- ек, шт	16	32	16	48
Частота вибрации, Гц	35			
Амплитуда колебаний, мм	10,0		4,5	10,0
Эксцентриситет вибровала, мм	2,0		2,5	2,0
Производитель- ность, шп./ч	1500	2400	1400	3300
Рабочая скорость в режиме измерений, км/ч	10,0			

С помощью ВПР машин производят комплекс сложных путевых работ, обеспечивающих безопасность движения по железнодорожному пути. Специфика путевых работ отражается на конструкции рабочих органов и контрольно-измерительных систем, способствующих достижению высокого качества выправки, подбивки и рихтовки пути. Соответственно, при техобслуживании агрегатам и системам, отвечающим за конечный результат, уделяют особое внимание.

6.1.1 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Duomatic 08-32 Centertool (ВПР-08-32)

Машина ВПР-08-32 является техникой циклического действия и выполняет работы по выправке пути в продольном профиле, по уровню и в плане, а также уплотнению балласта под шпалами и около их торцов. Ее используют на магистральных участках пути для его текущего содержания и всех видов ремонта.

Она состоит из базовой машины и соединенной с ней через шарнирный узел полуприцепной платформы 15, которую используют для удлинения измерительной базы машины, а также в качестве грузового транспортного средства (рисунок 6.3).

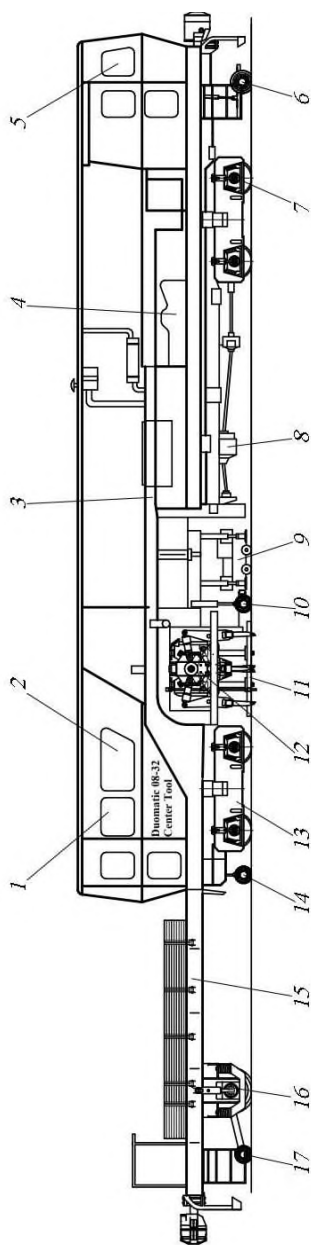


Рисунок 6.3 – Выправочно-подбивочная машина Diomatic 08-32

Center Tool (ВПР-08-32):

1, 2 – задняя кабина с органами управления; 3 – рама; 4 – дизельный силовой агрегат;

5 – передняя кабина с управляющими органами; 6, 10, 14 – тележки КИС; передняя, средняя рихтовочная, задняя и платформы;

7 – передняя приводная двухосная тележка; 8 – трансмиссия; 9 – подъемно-рихтовочное устройство;

11 – уплотнитель балласта у торцов шпал; 12 – подбивочный блок; 13 – задняя бегунковая двухосная тележка;

15 – платформа; 16 – колесная пара платформы

Базовая машина имеет раму 3, на которой размещают основные элементы, обеспечивающие ее работоспособность: дизельный агрегат с трансмиссией, рабочие органы с измерительными системами, кабины управления, тормозная и рабочая пневмосистемы, системы сигнализации и связи. Рама опирается на тяговую 7 и бегунковую 13 двухосные ходовые тележки.

Привод машины осуществляют от дизельного двигателя 4 (мощность 235 кВт), через трансмиссию 8. В рабочем режиме используют гидромеханическую трансмиссию с гидрообъемным компонентом, в транспортном – механическую часть трансмиссии.

Основное рабочее оборудование устанавливают на базовой машине, в состав которого входят правые и левые подбивочные блоки 12, уплотнители балласта у торцов шпал 11, ПРУ 9 и балластные плуги.

Машину оснащают нивелировочной и рихтовочной контрольно-измерительными системами (КИС) положения пути, которые предназначены для измерения его отклонения от проектного положения и выработки сигналов управления выправкой пути. Измерения проводят с использованием датчиков, которые устанавливают на тележках 6, 10, 14 и 17 и специальных съемных устройствах относительно базовых нивелировочных и рихтовочных тросов-хорд.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Для уплотнения балласта под шпалами используют два подбивочных блока 12, каждый из которых содержит по шестнадцать попарно расположенных подбоек для одновременной подбивки двух шпал. Подбойки попарно располагают с внешней и внутренней стороны каждого рельса. Для повышения эффективности уплотнения и равномерной подбивки балласта используют асинхронную систему подбивки, которая обеспечивает одинаковое давление каждой пары шпалоподбоек на щебень и их независимое движение относительно других пар подбоек.

Технологический процесс уплотнения включает следующие стадии:

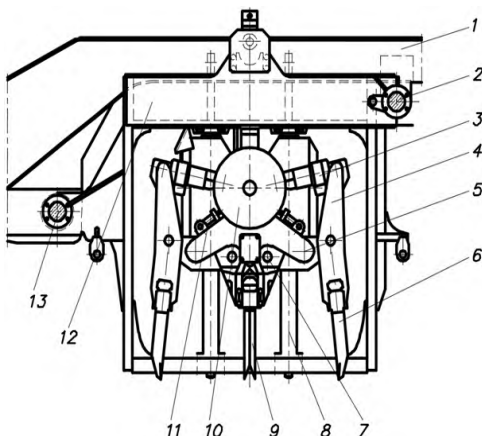
- заглубление подбоек в шпальный ящик;
- горизонтальное виброобжатие балласта;
- раскрытие подбоек;
- выглубление подбивочного блока.

На рисунке 6.4 представлен подбивочный блок машины. При проведении выправочно-подбивочных работ заглубление в балласт и выглубление подбивочных механизмов производят вертикальным перемещением корпуса 5 подбивочного блока вдоль двух направляющих колонн 8 с помощью двух гидроцилиндров (на каждый блок) с возможностью плавного регулирования глубины подбивки. Подбойки 6 и 9 имеют клинообразную форму с ребристой поверхностью, которая способствует их эффективному внедрению в

щебень и увеличению зоны подбивки. Поверхность подбоек упрочняют износостойкими наплавочными пластинами.

Рисунок 6.4 – Подбивочный блок
Duomatic 08-32 Center Tool:

- 1 – рама машины; 2, 13 – опоры конусные;
- 3, 11 – гидроцилиндры наружной и внутренней подбоек;
- 4, 7 – рычаги подбоек; 5 – корпус блока;
- 6, 9 – наружная и внутренняя подбойки;
- 8 – направляющая колонна;
- 10 – эксцентриковый вал;
- 12 – подвижная рама



Горизонтальное виброобжатие шпал и уплотнение балласта производят наружными и внутренними подбойками 6 и 9, которые совершают горизонтальные колебания. Колебания подбойкам задает эксцентриковый вал 10, который устанавливают в центре подбивочного блока 5, с приводом от гидромотора (его частота вращения составляет около 2100 мин^{-1}). От эксцентрикового вала колебания передают на шатунные гидроцилиндры 3 и 11 и затем через поворотные рычаги 4 и 7 на подбойки. Горизонтальную подачу и раскрытие подбоек осуществляют теми же шатунными гидроцилиндрами, подключенными к общей гидромагистрالي для обеспечения одинакового давления на всех подбойках и создания асинхронного эффекта при их воздействии на балласт.

Как уже было отмечено, наиболее экономичной и эффективной является система подбивки щебня, имеющая следующие параметры: частота колебаний подбоек – примерно 35 Гц, амплитуда колебаний – около 10 мм. Рабочая поверхность подбоек имеет ребристую форму с прямой клинообразной нижней кромкой, которую упрочняют износостойкими наплавочными пластинами.

Для обеспечения боковой устойчивости пути используют уплотнители балласта у торцов шпал 11 (см. рисунок 6.3), которые опускают за торцами шпал одновременно с подбивкой балласта под шпалами и выправкой пути. Уплотнитель балласта представляет собой виброплиту, которую подвешивают к подвижной раме, на которой также крепят подбивочные блоки. На плите устанавливают (на подшипниках качения) дебалансный вал, который получает враще-

ние от гидромотора и обеспечивает плите круговые ненаправленные колебания. Для уравнивания гидромотора на противоположном конце плиты устанавливают противовес. Виброплиты поднимают и опускают с помощью подъемных гидроцилиндров, шарнирно соединенных с подвижной рамой. При перемещении машины к новому месту оба уплотнителя автоматически поднимают над балластом, а при остановке опускают, прижимая виброплиты к балласту.

Для выправки пути в продольном профиле, по уровню и в плане используют комбинированное ПРУ 9 (см. рисунок 6.3), которое располагают перед подбивочными блоками 12.

Подъемку пути производят точно по центру над каждым рельсом без опоры на балластную призму с помощью двух гидроцилиндров, расположенных на раме машины, и связанных с рамой подъемных захватов. В каждой раме устанавливают по две пары подъемных роликовых захватов, которые в замкнутом положении охватывают головку рельса с наружной и внутренней сторон, образуя клещи, управляемые гидроцилиндрами. Подъемные гидроцилиндры поднимают путь, который удерживают роликовые захваты в двух точках. По окончании подбивки машину перемещают к следующему месту, при этом захваты остаются в закрытом положении и катятся под головкой рельса, не касаясь рельсовых скреплений.

Рихтовку пути совмещают с его подъемкой, для чего подъемные устройства дополнительно оснащают двумя двойными фланцевыми роликами и соединяют двумя горизонтальными гидроцилиндрами с рамой машины. Рихтовку проводят с помощью горизонтальных рихтовочных гидроцилиндров, которые передают необходимое безударное усилие на рельсы в четырех точках через фланцы двойных рихтовочных роликов.

Управляют процессом рихтовки в автоматическом режиме, исходя из данных по отклонению пути в плане, установленных однохордовым устройством и введенных в систему управления. При достижении заданного положения пути процесс рихтовки завершают.

Машину оснащают нивелировочной системой с автоматическим измерением поперечного профиля пути, а в качестве базовой линии используют трос-хорду между передним (над каждой рельсовой нитью) и задним съемными устройствами. Высоту стальной хорды определяют для рельсовой нити, выбранной в качестве базы.

Система выправки пути в продольном профиле и по уровню связана с ПРУ, которое является ее исполнительным механизмом. Для повышения точности выправки пути излишки щебня убирают из зоны рельсов и рельсовых скреплений, используя плужные планировщики балласта. Их устанавливают перед ПРУ над каждым рельсом и управляют с помощью пневмоцилиндров. Измерения проводят в рабочем режиме измерительными тележками, которые контак-

тируют с измеряемыми рельсами большими бегунковыми колесами. В транспортном режиме тележки подвешивают к раме машины и фиксируют.

Для измерения отклонений продольного профиля пути и уровня машины используют переднее съемное устройство (на передней натяжной тележке), среднее (на рихтовочной тележке) (рисунок 6.5) и заднее (на контрольно-измерительной тележке). На полуприцепной платформе устанавливают измерительную тележку (рисунок 6.6) за колесной парой.

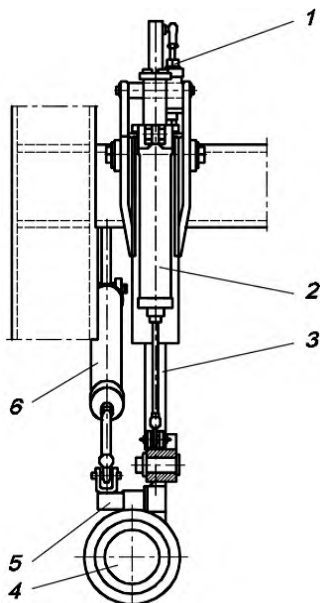


Рисунок 6.5 – Рихтовочная тележка:

1 – пневмоцилиндр; 2 – пневмоцилиндр подъема-опускания; 3 – направляющий стержень; 4 – масштабное колесо;

5 – пластина; 6 – пневмоцилиндр прижатия

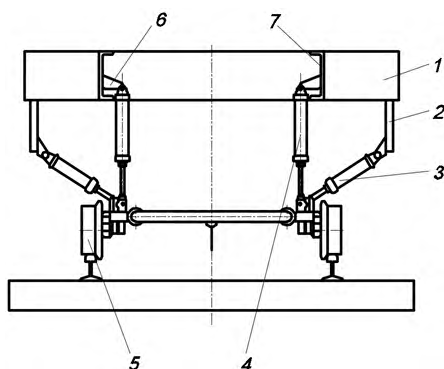


Рисунок 6.6 – Измерительная тележка
Duomatic 08-32 Centertool:

1, 7 – поперечная и продольная балки;
2, 6 – кронштейны; 3, 4 – прижимной и подъемный
пневмоцилиндры; 5 – ролик

Техническое обслуживание. Как и любые сложные машинные объекты, выправочно-подбивочно-рихтовочные машины нуждаются в качественном техническом обслуживании и высококвалифицированном обслуживающем персонале.

Согласно СТП БЧ 56.428, техобслуживание ВПР машин включает традиционные виды (ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3). Каждое из них содержит требования к обслуживанию узлов, агрегатов и систем машины, а также рекомендации, обусловленные особенностями назначения и спецификой конструкции машины, ее основных частей и систем. В числе основных рабочих органов,

испытывающих циклическое силовое воздействие со стороны разрабатываемого щебня, подбойки подбивочных блоков, виброплиты уплотнителя балласта, пилы планировщика, роликовые захваты комбинированного ПРУ и др.

Стандарт опирается на требования, заложенные в инструкциях по эксплуатации производителя машин. Эти инструкции регламентируют перечень и состав операций по обслуживанию агрегатов и узлов машины.

Перечень основных работ по техническому обслуживанию путевых машин модели ВПР-08-32 (Duomatic 08-32 Centertool), рекомендованный инструкцией по эксплуатации производителя машин, приведен в сводной таблице 6.6. Эти работы дополняют требования отечественного стандарта и позволяют произвести качественное техобслуживание агрегатов, узлов и систем машины.

6.1.2 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Duomatic 09-32 CSM (ВПР-09-32)

Машина ВПР-09-32 относится к технике непрерывно-циклического действия и выполняет чистовую выправку пути с подбивкой при ремонте и текущем содержании магистральных участков пути. За один проход она производит комплекс работ по выправке пути в плане, продольном профиле и по уровню с одновременным уплотнением балласта под шпалами и в зонах у торцов шпал. Машину оборудуют автоматизированной системой управления процессами выправки пути и уплотнения балласта.

Она состоит из двух секций (рисунок 6.7): базовой машины и постоянно сцепленной с ней через универсальный шарнирный узел полуприцепной платформы 2. Базовая машина опирается на две тележки: тяговую 15 с приводными и бегунковую 25 с неприводными колесными парами. Платформа 2 опирается на путь колесной парой 28, которая в транспортном режиме является неприводной, а в рабочем режиме имеет привод от отдельного гидромотора.

На раме 6 устанавливают рабочее оборудование, дизельный агрегат 9, трансмиссию 16, автосцепное оборудование 1, тормозную систему и другие составные части машины.

Силовой установкой машины является дизельный агрегат 9 мощностью 354 кВт (с частотой оборотов до 2300 мин⁻¹), который через трансмиссию 16 обеспечивает перемещение машины: в транспортном режиме через гидромеханическую передачу с комплексным трансформатором, а в рабочем – через гидромеханическую передачу с гидрообъемным компонентом с приводом на колесные пары тяговой тележки 15, колесные пары 23 спутника и 28 платформы. Помимо этого, в рабочем режиме он обеспечивает привод гидронасосов рабочих органов и вспомогательных механизмов.

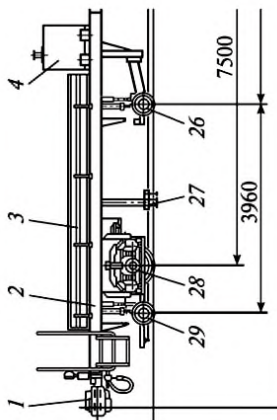
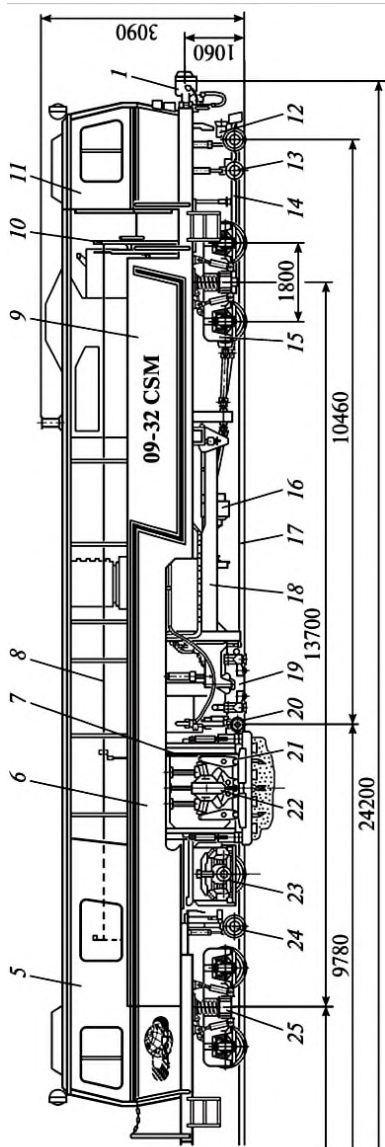


Рисунок 6.7 – Выправочно-подбивочная машина Duomatic 09-32 CSM (ВППР-09-32):

1 – автоцепки; 2, 3, 4 – полуприцепная платформа с бортами и дополнительным топливным баком; 5, 11 – кабины машиниста и оператора; 6 – рама; 7, 10, 24 – измерительное, нивелировочные и контрольные устройства; 8, 14, 17 – нивелировочные и рихтовочный трос-хорды; 9 – дизельный агрегат; 13 – каток с датчиком пути; 12, 20, 26, 29 – передняя, измерительная, контрольно-измерительная и задняя тележки рихтовочной КИС; 15, 25 – тяговая и бегунковая ходовые тележки; 16 – Трансмиссия; 18 – спутник (сателлит); 19 – ПРУ; 21 – уплотнитель балласта у торцов шпал; 22 – двухшпальный подбивочный блок; 23, 28 – колесные пары спутника и платформы; 27 – рельсовые щетки

На спутнике 18 устанавливают основное рабочее оборудование машины: роlikовое ПРУ 19, два двухшпальных подбивочных блока 22, а также дебалансные уплотнители 21 для обработки балласта у торцов шпал.

При работе машина с платформой перемещается непрерывно, а спутник 18 – циклически. В рабочем режиме спутник 18 совершает движения с остановками в каждом цикле над очередной парой подбиваемых шпал (при непрерывном движении самой машины). Его разгон производят приводной колесной парой 23 и ускоряющими гидроцилиндрами, а торможение – тормозом колесной пары.

Машину оснащают четырехточечной КИС рихтовки с измерением положения пути относительно натянутого между передней 12 и задней 29 тележками троса-хорды 17. Измерения проводят двумя датчиками стрел изгиба, один из которых находится на измерительной тележке 20, другой – на контрольно-измерительной тележке 26.

Машину также оснащают системой выправки пути в продольном профиле и по уровню. Традиционная двухтросовая система измерения включает нивелировочные 10 и контрольные устройства 24, между которыми слева и справа натянуты два троса 8. Измерения положения пути в продольном профиле производят измерительным устройством 7, расположенным на подвижных рамах подбивочных блоков. На передней тележке 12, измерительном устройстве 7 и на тележке контрольных устройств 24 устанавливают маятниковые датчики уровня. Систему управления выправкой дополнительно оснащают устройствами корректировки положения пути в плане и продольном профиле по лазерному лучу. Для этого в комплект машины включают лазерную тележку, а на передней тележке КИС устанавливают лазерную приемную камеру.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Для уплотнения балласта используют два двухшпальных подбивочных блока, каждый из которых имеет шестнадцать подбоек и обеспечивает их заглубление в балласт, горизонтальное виброобжатие балласта с последующим раскрытием подбоек и подъемом подбивочного блока. При этом используют подбойки, имеющие клинообразную форму с ребристой поверхностью, как и в машине ВПР-08-32. Заглубление (и выглубление) подбоек осуществляют вертикальным перемещением корпуса 2 подбивочного блока (рисунок 6.8) с помощью гидроцилиндров вдоль двух направляющих колонн 12.

Виброобжатие шпал и уплотнение балласта производят подбояками 11 и 13. Они совершают горизонтальные колебания, которые генерирует эксцентриковый вал 14 при вращении от гидромотора и передают гидроцилиндры 6 и 8, выполняющие функции шатунов. Частота вращения эксцен-

трикового вала составляет 2100 мин^{-1} , частота вибрации подбоек – 35 Гц при амплитуде колебаний около 10 мм .

Подачу подбоек при обжати балласта также осуществляют гидроцилиндрами 6 и 8 (за счет выдвижения штоков гидроцилиндров 8 и втягивания штоков гидроцилиндров 6). При раскрытии подбоек штоки гидроцилиндров смещаются в противоположных направлениях.

В конструкции блока применяют составной эксцентриковый вал, который получает вращение от гидромотора через зубчато-ременную передачу. Ремennая передача дополнительно служит амортизатором и демпфером крутильных нагрузок между эксцентриковым валом и валом гидромотора. Расположение вала на коренных подшипниковых опорах (по сравнению с консольным расположением подшипниковых узлов обойм гидроцилиндров) уменьшает изгибающие моменты и увеличивает усталостную прочность вала.

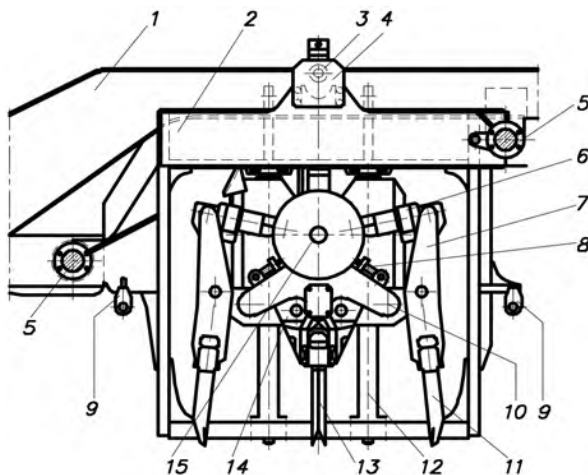


Рисунок 6.8 – Двухшпальный подбивочный блок Duomatic 09-32 CSM:

- 1 – рама машины; 2 – корпус блока; 3 – подвеска; 4 – фланец; 5 – конусные опоры;
6, 8 – гидроцилиндры наружной и внутренней подбоек; 7, 14 – рычаги внешней и внутренней подбоек; 9 – вильчатые цилиндры; 10 – корпус; 11, 13 – наружная и внутренняя подбойки;
12 – направляющая колонна; 15 – эксцентриковый вал

Для уплотнения балласта у торцов шпал используют виброплиты, которые устанавливают на навесной подвижной раме с обеих сторон от оси пути в зоне подбивочных блоков. Каждая плита имеет дебалансный вал, который вращается от гидромотора. Подъем и опускание виброплиты производят гидроцилиндрами, шарнирно связанными с рамой. Для уравнивания гидродвигателя на противоположном конце плиты устанавливают противовес.

Управление машиной (см. рисунок 6.7) распределяют между кабинами оператора 11 и машиниста 5 следующим образом: из кабины оператора управляют транспортным передвижением вперед, а также выправкой пути; из кабины машиниста – транспортным передвижением назад, а также выправкой и подбивкой пути.

При проведении рихтовочных работ подъем пути осуществляют (без опоры на балластную призму) с помощью роликовых гидравлических захватов (по две пары для каждого рельса), охватывающих рельс с наружной и внутренней сторон, и подъемных гидроцилиндров, которые расположены на раме спутника. По окончании подбивки спутник смещают к следующей позиции с закрытыми захватами, которые не повреждают рельсы и не касаются рельсовых креплений.

Рихтовку выполняют рихтовочными гидроцилиндрами, обеспечивающими безударное силовое воздействие на рельсы в четырех точках через фланцы рихтовочных роликов. Управление процессом рихтовки полностью автоматизировано.

Для обеспечения надежной работы ПРУ используют балластные плуги, которые в рабочем режиме работы машины отодвигают щебень от рельсов и креплений. Их устанавливают на раме передней тележки и управляют ими при помощи пневмоцилиндров.

Для нивелировки пути используют измерительную базу (рисунок 6.9) продольного профиля по правому и левому рельсам в виде двух тросов-хорд 24 и 25, подвешенных передними концами на нивелировочных устройствах 3 и 26, а задними концами – на контрольных устройствах 11 и 14. Передние концы тросов закрепляют непосредственно на нивелировочных устройствах. Измерения положения пути в продольном профиле производят датчиками 16 и 17. Датчики устанавливают на измерительном устройстве, которое монтируют на рамах подбивочных блоков.

Система управления положением пути по уровню включает три маятниковых датчика: передний 27, установленный на передней тележке 1, измерительный 19, установленный на маятниковом мосту 18 измерительного устройства, и 13, установленный на тележке контрольных устройств 11 и 14. Первый из них вырабатывает сигнал положения пути по уровню до выправки, второй – в рабочей зоне, третий – после выправки.

Текущее положение спутника относительно машины преобразуют в электрический сигнал датчика 5.

Техническое обслуживание. Согласно требованиям СТП БЧ 56.428, который является базовым и обязательным к применению на отечественной железной дороге, состав работ по техническому обслуживанию машины Duomatic 09-32 CSM (ВПР-09-32), их объемы и сроки выполнения устанавливает предприятие – изготовитель машин с учетом требований эксплуатационных документов производителя путевых работ.

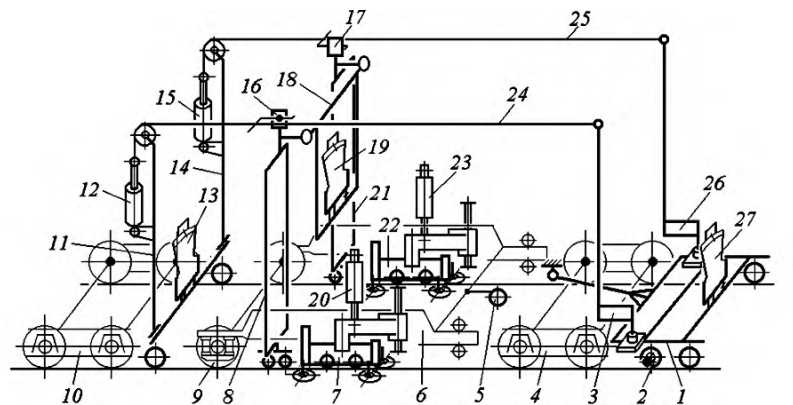


Рисунок 6.9 – Нивелировочная система машины Duomatic 09-32 CSM:

- 1 – передняя тележка; 2 – датчик пути с катком; 3, 26 – нивелировочные устройства;
 4, 10 – тяговая и бегунковая тележки; 5 – датчик позиционирования спутника; 6 – спутник;
 7, 22 – ПРУ; 8, 21 – штанги измерительного устройства; 9 – колесная пара спутника;
 11, 14 – контрольные устройства; 12, 15 – пневмоцилиндры натяжения тросов;
 13, 19, 27 – задний, в точке выправки и передний маятниковые датчики уровня;
 16, 17 – датчики продольного профиля; 18 – маятниковый мост; 20, 23 – подъемные гидроцилиндры ПРУ; 24, 25 – нивелировочные трос-хорды

Щебень при вибровоздействии рабочих органов оказывает наибольшее влияние на элементы подбивочных блоков. В частности, лопатки подбоек испытывают силовое воздействие, которое обуславливает не только абразивное изнашивание, но и нагрев до значительных температур (до 350–400 °С), что существенно ускоряет усталостные разрушения и снижает долговечность лопаток.

Перечень основных работ по техобслуживанию путевых машин модели Duomatic 09-32 CSM, рекомендованный производителем, представлен в сводной таблице 6.6.

6.1.3 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-02М

Машина ВПР-02М является техникой циклического действия, которая выполняет за один проход работы по выправке пути в плане, продольном профиле и по уровню с одновременным уплотнением балласта под шпалами и в зонах у торцов шпал.

Ее используют на магистральных участках пути для его текущего содержания и всех видов ремонта. Она, как и предыдущие машины, состоит из двух секций: базовой машины (рисунок 6.10) и сцепленной с ней постоянно через сферический шарнирный узел полуприцепной платформы 1, удлиняющей измерительную базу машины.

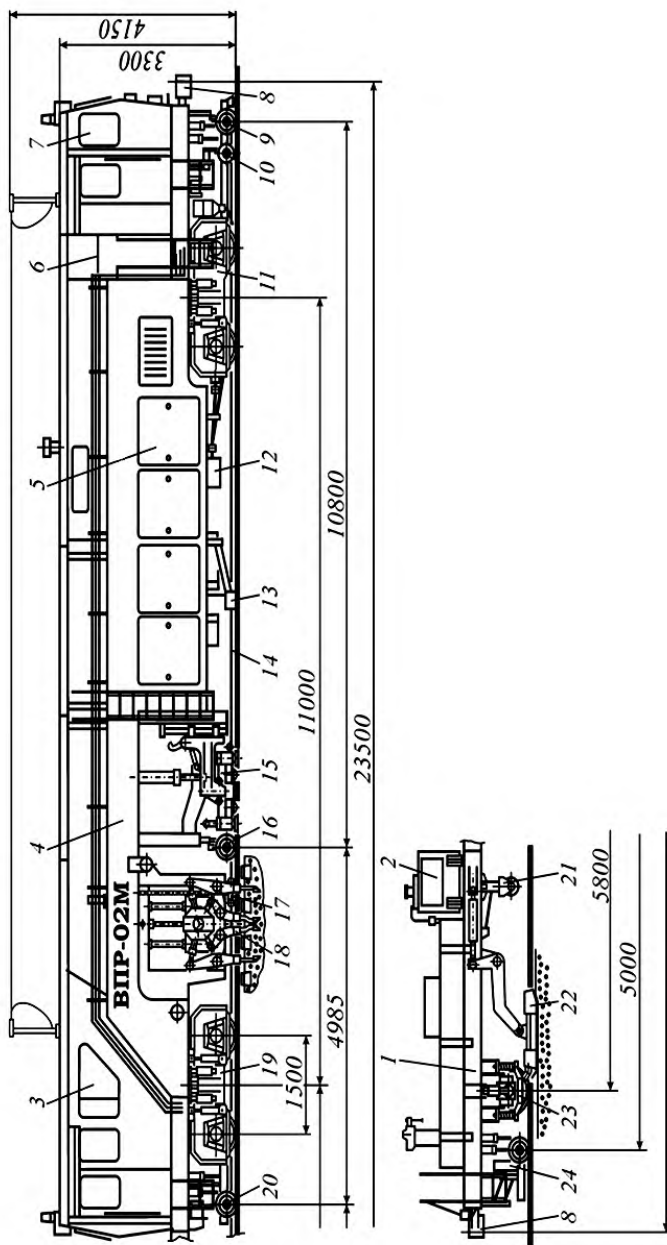


Рисунок 6.10 – Выправочно-подбивочная машина циклического действия ВПР-02М:

- 1 – полурицепная платформа; 2 – дополнительный топливный бак; 3, 7 – кабины машиниста и оператора; 4 – рама; 5 – отсек для дизельного агрегата, силовой передачи и насосной станции; 6 – трос-хорды нивелировочной КИС; 8 – автоцепки; 9, 16, 20, 24 – измерительные тележки рихтовочной КИС; 10 – каток с датчиком пути; 11, 19 – тяговая и бегунковая ходовые тележки; 12 – силовая передача; 13 – плужки для очистки рельсов; 14 – трос-хорда рихтовочной КИС; 15 – ПРУ; 17 – измерительное устройство нивелировочной КИС; 18 – двухшпальный подбивочный блок; 21 – выдвижная опора платформы; 22 – виброплита уплотнения балласта у торцов шпал; 23 – колесная пара платформы

Базовая машина имеет раму 4, на которой размещены кабины оператора 7 и машиниста 3, дизельный агрегат 5 с силовой трансмиссией 12, насосная станция объемного гидропривода, рабочее оборудование с измерительными устройствами, тормозное оборудование и пневмосистема, системы сигнализации и связи, а также комплексное устройство локомотивной безопасности (КЛУБ-УП). В передней части рама через центральное рессорное подвешивание опирается на тяговую тележку 11, а в задней – на бегунковую тележку 19, колесные пары которой могут иметь привод только в рабочем режиме.

Рабочее оборудование машины состоит из двух двухшпальных подбивочных блоков 18, ПРУ 15, двух виброплит 22 для уплотнения балласта у торцов шпал, двух плугов 13 для очистки поверхности рельсов и многофункциональной КИС.

КИС включает четырехточечную КИС рихтовки, состоящую из передней 9, измерительной 16, контрольно-измерительной 20 и задней 24 тележек с тросом-хордой 14, а также нивелировочную КИС 6 с измерительным устройством 16. Для определения положения машины на передней тележке 9 устанавливают импульсный датчик пути с мерным колесом 10 (полный оборот колеса соответствует одному метру пройденного машиной пути).

На полуприцепной платформе 1 размещают две виброплиты 22 для уплотнения балласта у торцов шпал, дополнительный топливный бак 2 и бортовой кузов для перевозки путевых материалов и инструментов.

Силовой установкой машины (рисунок 6.11) является дизельный агрегат 9 мощностью 220 кВт (с частотой оборотов до 2300 мин⁻¹), который через карданный вал 8, реверсивную гидромеханическую передачу 7 (с комплексным гидротрансформатором и гидродинамическим тормозом) и карданный вал 6 соединен с раздаточной коробкой 5. В рабочем режиме от коробки 5 через насосы 4 и гидромотор 19 обеспечивают привод колесных пар 1 тяговой тележки, а через гидромотор 3 – бегунковой тележки. Кроме того, в рабочем режиме насосы 4 осуществляют управление рабочим оборудованием и вспомогательными системами. В транспортном режиме колесные пары бегунковой тележки приводят во вращение напрямую от дизеля через гидромеханическую передачу 7.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Машину оснащают двумя двухшпальными подбивочными блоками 18 для уплотнения балластного слоя под подошвами шпал. Каждый из блоков содержит по шестнадцать попарно расположенных подбоек, которые устанавливают попарно с внешней и внутренней стороны каждого рельса для одновременной подбивки двух шпал.

Процесс уплотнения состоит из стадий, которые являются традиционными для ВПП-машин, а именно: из заглубления подбоек, виброобжатия балласта, раскрытия подбоек и их выглубления.

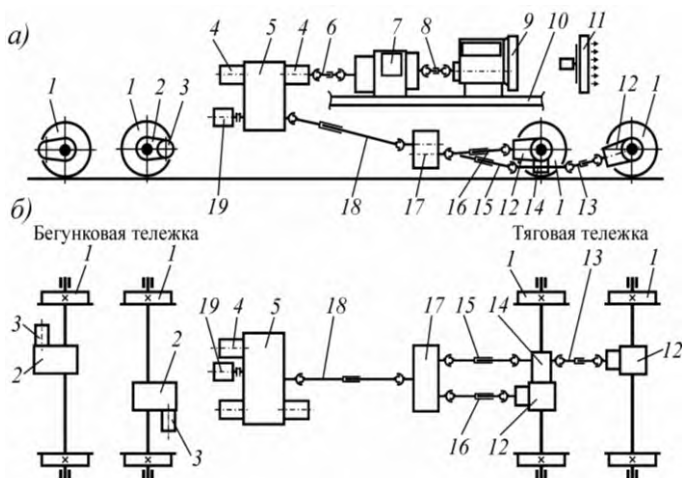


Рисунок 6.11 – Структурная схема силовой передачи машины ВПР-02М:

а – вид сбоку; *б* – вид в плане;

1 – колесные пары; 2 – цилиндрические осевые редукторы; 3 и 19 – гидромоторы передвижения в рабочем режиме; 4 – насосы; 5 – раздаточная коробка; 6, 8, 13, 15, 16 и 18 – карданные валы; 7 – реверсивная гидромеханическая передача с гидродинамическим тормозом; 9 – дизельный агрегат; 10 – рама машины; 11 – маслоохладитель гидромеханической передачи; 12 – конические осевые редукторы; 14 – промежуточная опора с валом; 17 – межосевой редуктор

Подбивочный блок (рисунок 6.12) в вертикальном направлении перемещаются по направляющим колоннам 6 при помощи гидроцилиндра 8. Уплотнение балласта производят подбойками 12 и 13 (в количестве шестнадцати штук) за счет их вибрации и подачи к шпале. Вибрации передают от эксцентрикового вала на внутренние подбойки 13 через гидроцилиндры 3 и рычаги 11, а на наружные подбойки 12 – через гидроцилиндры 5 и рычаги 4. Вал приводят во вращение от гидромотора 10 через упругую муфту 14, которая позволяет амортизировать высокочастотные крутильные колебания.

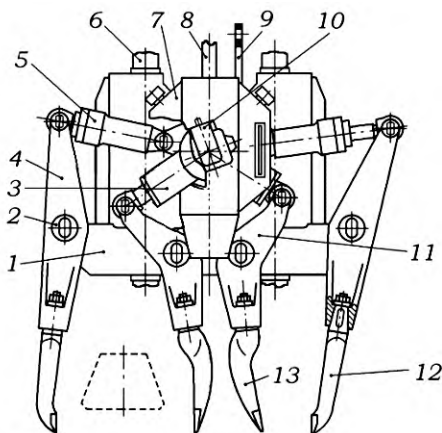
Привод подачи подбоек при обжатии балласта осуществляют гидроцилиндрами 3 и 5. При выдвигании штоков гидроцилиндров 5 и втягивании штоков гидроцилиндров 3 рычаги поворачиваются, смещая соответствующие подбойки к оси шпал. При раскрытии подбоек штоки цилиндров смещаются в противоположных направлениях.

Как и в ранее описанных конструкциях (см. рисунок 6.10), для уплотнения балласта у торцов шпал используют две виброплиты 22, установленные перед колесными парами платформы 1 и оснащенные дебалансными валами, которые приводят во вращение гидромоторами. Подъем и опускание виброплиты производят гидроцилиндрами через шарнирно-рычажный механизм.

Рисунок 6.12 – Двухшпальный
подбивочный блок машины

ВГР-02М:

1 – станина; 2 – шарнирные узлы рычагов подбоек; 3, 5 – гидроцилиндры привода рычагов внутренних и наружных подбоек; 4, 11 – рычаги наружных и внутренних подбоек; 6 – вертикальные направляющие цилиндрические колонны; 7 – масляный бак смазочной системы; 8 – гидроцилиндр вертикального перемещения блока; 9 – стопорная проушина; 10 – гидромотор привода эксцентрикового вала; 12, 13 – наружные и внутренние подбойки



Для перемещения и фиксации в заданном положении РШР используют подъемно-рихтовочное устройство (рисунок 6.13), которое включает механизмы захвата рельсов и механизмы управления положением РШР при выправке пути. На балансире 13 размещают передний 8 и задний 14 роликовые клещевые захваты, управляют которыми при помощи гидроцилиндров 7 и 15. Захваты обеспечивают передачу вертикальных нагрузок на рельсы для подъема и перекоса РШР. Горизонтальные ролики 10 имеют по две реборды, что позволяет передавать через них на РШР горизонтальные усилия, необходимые для сдвига пути в плане при рихтовке.

Вертикальное перемещение подъемных механизмов в рабочем режиме производят гидроцилиндрами 18, шарнирно соединенными с поперечной балкой 20. Фиксацию подъемных механизмов в транспортном режиме осуществляют крюком 3 при помощи пневмоцилиндров 5.

Рихтуют путь гидроцилиндрами 21, которые обеспечивают необходимый сдвиг РШР в плане.

Для реализации автоматического управления рабочим циклом дополнительно устанавливают индуктивный датчик 12, связанный с системой точной остановки машины над рабочей зоной подбивки.

Для сбрасывания излишков балласта с концов шпал на балансирх располагают тросовые щетки 11.

Для управления выправкой пути используют контрольно-измерительную систему, которая состоит из независимых нивелировочной, рихтовочной и контрольной подсистем. КИС обеспечивает измерение отклонений в положении пути, выработку и передачу сигнала на управление механизмами подъема и рихтовки, а также контроль результатов выправочных работ. При этом ПРУ является исполнительным механизмом системы выправки пути в продольном профиле и по уровню, а также системы рихтовки.

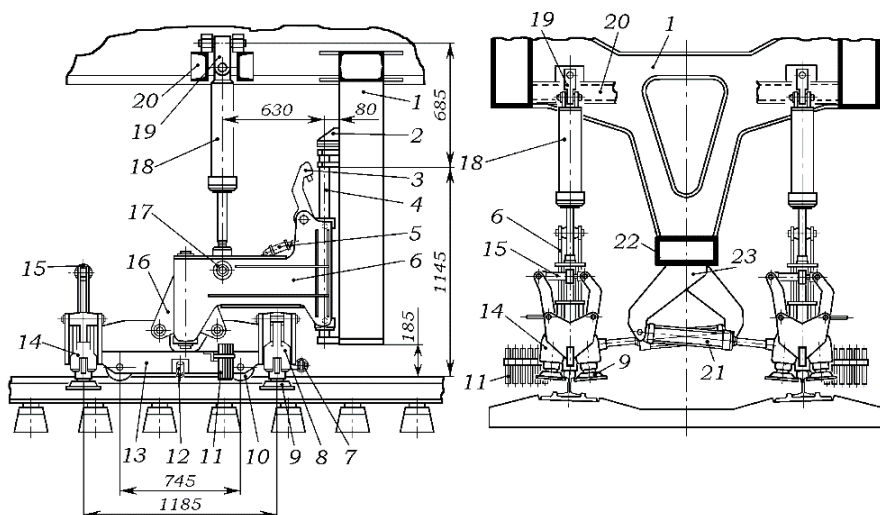


Рисунок 6.13 – Подъемно-рихтовочное устройство машины ВПР-02М:

1 – рама машины; 2 – упор крюка; 3 – крюк транспортного запора; 4 – вертикальные направляющие подъемных механизмов; 5 – пневмоцилиндр запора; 6 – кронштейн; 7, 15 – гидроцилиндры привода захватов; 8, 14 – роликовые клещевые захваты; 9, 10 – захватные и рихтующие ребордные ролики; 11 – шпальная щетка; 12 – индуктивный датчик; 13 – балансир; 16 – серьга с вертикальной осью; 17 – шарнирный узел крепления гидроцилиндра; 18 – гидроцилиндр вертикального перемещения подъемного механизма; 19 – универсальный шарнирный узел; 20 – поперечная балка крепления гидроцилиндров; 21 – рихтующие гидроцилиндры; 22 – хребтовая балка рамы машины; 23 – кронштейны крепления рихтующих гидроцилиндров

В автоматическом режиме работы нивелировочной системы используют сравнение текущего положения пути в продольном профиле и по уровню, измеряемого КИС через датчики, с установочным положением пути, которое выставляют через задающие устройства.

Техническое обслуживание. Работы по техобслуживанию сохраняют порядок, заложенный в стандарте СТП БЧ 56.428: ЕТО, ТО-2 и ТО-3. Как уже было отмечено, стандарт предлагает использовать конкретные рекомендации по узлам, агрегатам и системам машины, которые содержат инструкции по эксплуатации, разработанные производителем машин.

Для обеспечения заданного уровня долговечности длительность непрерывной работы машины не должна превышать 6–8 ч. При кратковременных остановках рекомендуют каждые три часа смазывать шатунные подшипники эксцентрикового вала, а также шарнирные соединения гидроцилиндров.

Поскольку порядок техобслуживания ВПР-02М отличается от обслуживания австрийских машин, в таблице 6.2 представлен перечень основных работ по ее техобслуживанию.

Таблица 6.2 – Схема технического обслуживания машины ВПР-02М

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности Проверка системы пожаротушения. Проверка тормозов
ЕТО ежедневно	Осмотр: исправности креплений и состояния механизмов рабочего оборудования, двигателя и трансмиссии, электрических машин, ходовой части, сцепных приборов и устройств КИС. Проверка расходуемых средств: запаса топлива и уровня рабочих жидкостей в силовой установке, трансмиссии, гидро- и пневмосистемах, рабочих органах
ТО-2 через 16 км отремонтрованного пути	Выполнение всех операций ЕТО Выполнение: контрольных работ в узлах, агрегатах и системах машины (в соответствии с инструкциями по их эксплуатации). Трансмиссия: проверка работы коробки передач, реверс-раздаточной и раздаточной коробок, механизма переключения реверса и демультипликатора. Проверка состояния: креплений и состояния элементов двигателя и трансмиссии, экипажа, тормозов, электрических машин, рабочего оборудования (подбоек, узлов подбивочных блоков, уплотнителей и ПРУ), гидро- и пневмосистем. Силовая установка: проверка натяжения приводных ремней генератора и компрессора, насоса для дизельного топлива, промывка воздушных фильтров компрессоров КИС: визуальный контроль и проверка состояния и точности работы датчиков и самописцев нивелировочной, рихтовочной и контрольной систем. Выполнение всех смазочных работ в соответствии с картой смазки
ТО-3 через 65 км отремонтрованного пути	Выполнение всех операций ТО-2 Двигатель: смена масла. Проверка исправности: трансмиссии (креплений редукторов), рабочих органов (износа подбоек подбивочных блоков, состояния гидромоторов привода, люфта в шарнирных соединениях и подшипниковых узлах подбивочных блоков), герметичности гидро- и пневмосистем, электрооборудования (щеток, шунтов, аккумуляторных батарей, разъемов и контактов). КИС: проверка состояния натяжных устройств и тросов нивелировочных, рихтовочных и контрольных систем Выполнение смазочных операций в соответствии с картами смазки. Проверка работы двигателя, приборов управления, тормозов и рабочих органов после устранения неисправностей в работе узлов, агрегатов и систем
Примечание – При необходимости – замена изношенных деталей и узлов.	

6.1.4 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Dynamic Stophexpress 09-3X (ВПР-09-3X)

ВПР-09-3X относят к так называемым «подбивочным экспрессам», поскольку она осуществляет выправочно-подбивочно-рихтовочные и стабилизирующие операции в ускоренном режиме. Это машина непрерывно-циклического действия, которая выправляет путь в продольном профиле, по уровню и в плане, уплотняет балласт одновременно под тремя шпалами и около их торцов, а также выполняет ускоренную стабилизацию балластного слоя (при работах по техобслуживанию пути).

При работе в таком непрерывно-циклическом режиме, обрабатывая одновременно три шпалы, машина развивает большую производительность (до 3300 шпал в час), значительно превышающую производительность непрерывно-циклической машины ВПР-09-32, которая обрабатывает одновременно только две шпалы. Для реализации этих задач она состоит из двух секций (рисунок 6.14): базовой машины 4 и динамического стабилизатора пути (ДСП) 2, соединенных шарнирным сцепным устройством.

В передней части базовая машина опирается на двухосную тяговую тележку 13, колесные пары которой в транспортном режиме приводят через гидромеханическую трансмиссию с гидродинамическим компонентом 16, а в рабочем режиме – через гидромеханическую трансмиссию с гидрообъемным компонентом. При этом в транспортном режиме привод имеют колесные пары только тяговой тележки, а в рабочем – колесные пары тяговой тележки 13 и задняя колесная пара бегунковой тележки 26.

Внутри базовой машины располагают спутник (сателлит) 6, на котором монтируют основное рабочее оборудование. Спереди спутник через две боковые направляющие балки 15 опирается на роликовые направляющие 17, а сзади – на двухосную тележку 23, имеющую в рабочем режиме гидрообъемный привод колесных пар (от гидромоторов). Спутник оснащают четырьмя подбивочными блоками с 48 подбоек: передними 21 и задними 22 для одновременной подбивки трех шпал. Подбойки, изготовленные из твердосплавных износостойких материалов, располагают попарно с наружной и внутренней сторон рельсов на каждой стороне шпалы. На спутнике также устанавливают на отдельных рамах или подвесках следующие рабочие органы и устройства:

- 1) ПРУ 18, шарнирно соединенное с рамой спутника через продольную тягу и состоящее из четырех роликовых захватов и гидроцилиндров подъема и рихтовки пути;

- 2) уплотнители балласта у торцов шпал (в виде дебалансных виброплит) 24, унифицированные с соответствующими агрегатами машины Duomatic 09-32 CSM;

- 3) рихтовочную и нивелировочную измерительные тележки.

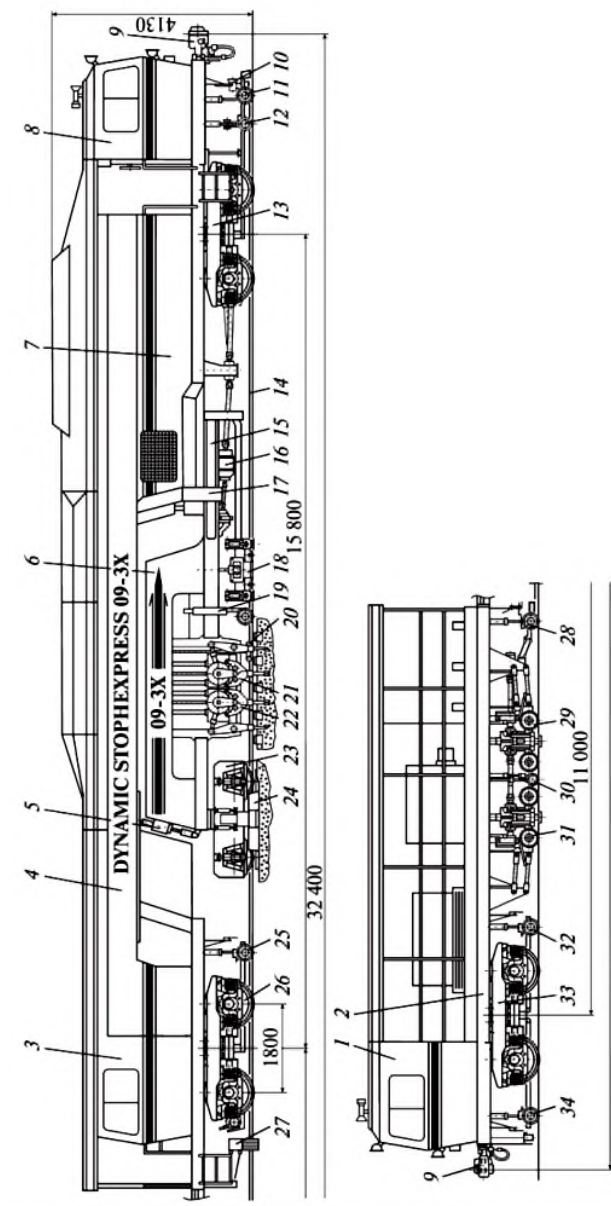


Рисунок 6.14 – Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина

Dynamic Storhexpress 09-3X:

- 1, 3, 8 – кабины: задняя, машиниста и оператора; 2 – ДСП; 4 – базовая машина; 5 – механизм прижима спутника; 6 – спутник;
 7 – дизельный агрегат; 9 – автоосечки; 10 – фотоприемник лазерного луча; 11, 19, 25, 28, 30, 32, 34 – измерительные тележки: рихтовоч-
 ной КИС и КИС продольного профиля ДСП; 12 – датчик пути; 13, 23, 26, 33 – ходовые тележки: тяговая, спутника, бегунковая и задняя;
 14 – трос-хорда рихтовочной КИС; 15, 17 – направляющая балка и опора спутника; 16 – силовая передача;
 18 – ПРУ; 20 – измерительное устройство нивелировочной системы; 21, 22 – подбивочные блоки;
 24 – виброплита уплотнения балласта у торцов шпал; 27 – пассивная шпальная щетка; 29, 31 – виброблоки ДСП

Как уже было отмечено, ПРУ обеспечивает выправку пути в плане, продольном профиле и по уровню. Для этого машину оснащают трехточечной рихтовочной КИС с тросом-хордой 14, закрепленным между передней 11 и задней 25 тележками. Датчик стрелы изгиба пути устанавливают на тележке 19.

На машине применяют традиционную для этого класса машин двухтросовую нивелировочную систему. Передние нивелировочные устройства опираются на тележку 11, контрольные устройства – на тележку 25. Измерения положения правой и левой рельсовых нитей производят датчиками измерительного устройства 20. Для измерения положения пути по уровню применяют маятниковые датчики, расположенные на тележках.

Управление выправкой производят автоматизированной системой (WIN ALC). Предусмотрена возможность управления выправкой по лазерному лучу. Для этого на передней тележке машины располагают фотоприемник лазерного луча 10.

Для привода всех агрегатов, узлов и систем машины используют два дизельных двигателя, один из которых 7 мощностью 370 кВт устанавливают на базовой машине, а второй такой же – на платформе стабилизатора.

Непрерывный характер движения базовой машины 4 в рабочем режиме позволяет совместно работать ДСП, также как агрегату непрерывного действия. В передней части ДСП 2 опирается через универсальный шарнирный узел на базовую машину, а в задней части – на ходовую тележку 33. Стабилизатор оснащают автономным дизельным двигателем, предназначенным только для привода расположенных на нем механизмов. Его рабочий орган состоит из двух совместно действующих виброблоков 29 и 31. Он полностью унифицирован с рабочим органом динамического стабилизатора пути DGS-62N. Двухтросовая КИС продольного профиля, которая включает измерительные тележки 28, 30, 32 и 34, также унифицирована с КИС упомянутого динамического стабилизатора.

Особенности технологий путевых работ и эксплуатации. При подбивке шпал машина непрерывно перемещается вперед, при этом тележка 23 спутника движется циклически.

Цикл уплотнения балласта включает следующие операции: заглубление подбоек в балласт, виброобжатие (т. е. подбивку) балласта, раскрытие подбоек и подъем подбивочного блока. При этом (рисунок 6.15) внутренние подбойки 13, расположенные на рычагах 12, обжимают балласт под средней шпалой, а подбойки 14, установленные на рычагах 10, обжимают балласт под крайними шпалами совместно с наружными подбойками 15, расположенными на рычагах 17.

Вибрации подбоек вызывают два эксцентриковых вала 4 и усиливают маховики 6. Привод валов осуществляют с помощью гидромотора. На валах находятся шатунные гидроцилиндры 9, 12 и 19, которые передают эксцентриковое движение соответствующим рычагам (10, 11 и 17) и таким образом приводят в действие подбойки 13, 14 и 15. Асинхронность их действия при об-

жатию позволяет эффективно подбивать щебень. Для динамического уравнивания при передаче вибраций применяют грузы 7.

Процесс подъема и рихтовки автоматически начинают одновременно с опусканием в рабочее положение подбивочных блоков. Операции подъема и рихтовки пути осуществляют за один рабочий проход при помощи комбинированного ПРУ 18 (см. рисунок 6.14), которое располагают перед подбивочными блоками 21 и 22. Для каждого рельса имеются две пары подъемных роликов и два рихтовочных ролика с двойным фланцем.

При подъеме пути каждая пара подъемных роликов в закрытом положении захватывает головку рельса снаружи и изнутри, формируя захват, которым управляют с помощью гидроцилиндра. Далее специальные гидроцилиндры, прикрепленные к раме спутника, поднимают рельсы, каждый из которых удерживается роликовыми захватами в четырех точках. Рельсы поднимают точно по осям, причем ПРУ не опирается на щебеночное основание.

Рихтовку пути производят в горизонтальной плоскости и осуществляют с помощью поперечных гидроцилиндров, которые передают безударные усилия на путь через фланцы рихтовочных роликов и перемещают устройство в необходимом направлении.

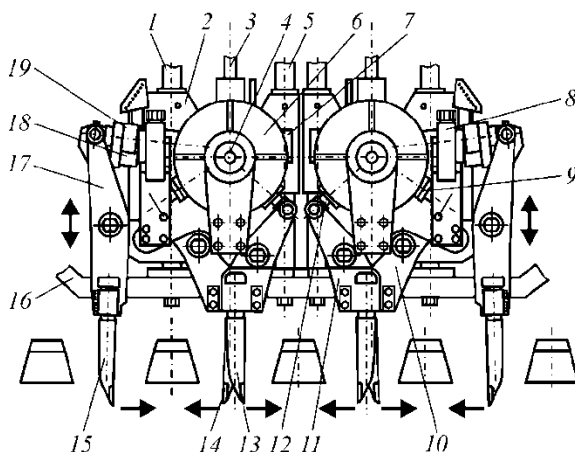


Рисунок 6.15 – Подбивочные блоки машины Dynamic Stophexpress 09-3X:
 1, 5 – направляющие колонны; 3, 9, 12, 18, 19 – гидроцилиндры вертикального перемещения подбивочных блоков, привода рычагов внутренних подбоек, ограничения раскрытия и привода рычагов наружных подбоек; 4, 6 – эксцентриковый вал и маховик;
 7 – груз динамического уравнивания привода вибраций; 8 – бак системы смазки;
 10, 11, 17 – рычаги внутренних и наружных подбоек; 13, 14 – внутренние подбойки;
 15 – наружная подбойка; 16 – рама

В течение всего процесса подбивки, выправки и рихтовки пути ПРУ остаются на пути. При перемещении машины все подъемные и рихтовочные

ролики передвигаются по рельсам, причем подъемные захваты не соприкасаются с рельсовыми скреплениями.

Завершающей стадией технологического процесса является стабилизация положения РШР в балластной призме с помощью стабилизирующих рабочих органов (переднего 29 и заднего 31 виброблоков при воздействии на щебень через рельсошпальную решетку (см. рисунок 6.14). Перед началом работы на рельсы опускают стабилизирующие блоки с помощью гидроцилиндров, шарнирно связанных с рамой, и тележки КИС – с помощью пневмоцилиндров. Для предотвращения локальной просадки пути привод вибрации, заблокированный с приводом рабочего передвижения, включают при скорости рабочего движения не менее 2 км/ч.

Для эффективной стабилизации положения пути каждый виброблок оснащают дебалансным вибровозбудителем с приводом от автономного двигателя через насос и гидромотор. Он генерирует в рабочем режиме только горизонтальные колебания, частоту которых можно варьировать в пределах от 0 до 45 Гц в зависимости от состояния щебня. Каждый виброблок состоит из корпуса, рельсовых захватов, двух горизонтально расположенных гидроцилиндров (по одному на каждую пару внутренних роликов) и четырех гидроцилиндров, связанных с наружными роликами рельсовых захватов.

Для контроля и управления технологическим процессом используют КИС машины, которые измеряют отклонения пути в продольном профиле, по уровню и в плане, а также вырабатывают сигналы, управляющие механизмами выправки и контроля состояния пути в плане и по уровню до и после выправки. Соответственно, по своим функциям КИС разделяют на три независимые системы:

- нивелировочную измерительную – для управления выправкой пути в продольном профиле и по уровню (при помощи тросовой трехточечной нивелировочной системы с корректировкой передней точки;
- рихтовочную измерительную – для управления выправкой пути в плане (при помощи однохордовой трехточечной системы);
- контрольную – для контроля состояния пути до и после производства выправочных работ.

Для обеспечения надежной работы ПРУ используют балластные плуги, установленные на раме передней тележки и очищающие от щебня зону с обеих сторон рельсов. Их перевод из рабочего в транспортное положение (и обратно) осуществляют с помощью пневмоцилиндров. Кроме того, в рабочем режиме для очистки поверхности шпал от излишков щебня применяют щетки 27 (см. рисунок 6.13), а для очистки рельсов – устройства в виде плит, управляемых пневмоцилиндрами. Для обеспечения безопасного движения машины в транспортном положении используют рельсоочистительные приспособления в виде скребков, установленных на передней тележке.

Максимальная производительность достигается на бесстыковом пути, поскольку в зонах стыков производительность резко падает. Это обусловлено циклическим режимом работы только одного ряда подбивочных блоков в этих зонах.

Техническое обслуживание. Как уже было отмечено, отечественный стандарт рекомендует использовать требования по узлам, агрегатам и системам машины, которые содержат инструкции по эксплуатации, разработанные производителем машин. Работы по техобслуживанию включают операции по очистке машины, визуальному контролю составных частей и машины в целом, смазывание, пополнение и замену расходных средств.

Подбивку, выправку и рихтовку пути рабочие органы производят в ускоренном режиме, обеспечивающем повышенную производительность машины по сравнению с другими аналогами. В числе основных рабочих элементов:

- подбивочные блоки, оснащенные подбойками;
- уплотнители балласта у торцов шпал в виде дебалансных виброплит;
- стабилизатор пути в виде виброблоков;
- ПРУ, оснащенное балластными плугами и рельсоочистительными скребками и щетками. Их интенсивное взаимодействие с балластом требует тщательного соблюдения рекомендаций производителя для обеспечения заданного ресурса рабочих органов и машины в целом.

Перечень основных работ по техобслуживанию путевых машин Dynamic Stophexpress 09-3X, рекомендованный производителем, представлен в сводной таблице 6.6.

6.1.5 Выправочно-подъемно-рихтовочно-подбивочная машина Unimat Compact 08-275/3S-16 (ВПРС-08-275/3S-16)

Машина ВПРС-08-275/3S-16 является универсальной машиной циклического действия для работы на стрелочных переводах, пересечениях и на пути. Она обеспечивает выполнение следующих работ:

- выправку пути в продольном профиле, по уровню и в плане;
- уплотнение балласта под шпалами и в зонах торцов шпал;
- выправку продольного профиля;
- рихтовку и подбивку пути на перегонах и станционных путях, на стрелочных переводах и пересечениях пути.

Машина состоит из базовой машины и полуприцепной одноосной платформы 1 (рисунок 6.16). Рама машины, оснащенная по торцам автосцепками 8, опирается на две тележки: переднюю тяговую 11 с приводными колесными парами (в рабочем и транспортном режимах) и заднюю бегунковую 20 с не приводными колесными парами.

Дизельный агрегат 6 мощностью 300 кВт через трансмиссию 12 обеспечивает в транспортном режиме передачу крутящего момента только на колесные пары тяговой тележки, а в рабочем – привод насосов гидросистемы передвижения машины, рабочих органов и вспомогательных механизмов.

Рабочее оборудование машины имеет гидрообъемный привод и включает два одношальных подбивочных блока 18 с двумя рядами откидывающихся подбоек, установленных на подвижных рамах. Блоки с рамами могут смещаться поперек оси пути, а также поворачиваться на небольшой угол в плане, что позволяет лучше ориентировать блоки относительно брусьев стрелочного перевода. Уплотнение балласта у торцов шпал осуществляют двумя виброплитами 19 дебалансного типа.

Вывешивание путевой решетки при работе на пути производят с помощью ПРУ 16, оснащенного крюковыми и роликовыми клещевыми захватами. Для работы на стрелочном переводе в его широкой части применяют два консольных телескопических крана 5 и захватные траверсы 15. Как правило, при вывешивании используют один кран (со стороны рамного рельса перевода), что позволяет снизить нагрузки на ПРУ и скрепления перевода, а также сделать более точную установку по уровню.

Машину оснащают также рихтовочной и нивелировочной КИС. Рихтовочная КИС включает переднюю измерительную тележку 9 с датчиком пути 10, нивелировочно-рихтовочное измерительное устройство 17, контрольно-измерительную тележку 21 и заднюю тележку 23. Между передней и задней тележками натягивают измерительный трос-хорд 13.

Полуприцепную платформу 1 используют для повышения точности измерений за счет удлинения измерительной базы рихтовочной КИС. Платформа также является дополнительным транспортным средством, в бортовом кузове 2 которого можно перевозить путевые материалы и инструмент, а также дополнительный запас топлива в баке 3. Платформа соединена с базовой машиной через сферический шарнирный узел и опирается на путь колесной парой 22.

Машину оснащают автосцепками 8, тормозной рычажной передачей с пневматическим приводом, осветительными и сигнальными устройствами, а также системой КЛУБ УП.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Подбивочные блоки машины по своему конструктивному исполнению аналогичны блокам машины ВПРС-03 (см. рисунок 1.23), но имеют более широкие технологические возможности. Для эффективного уплотнения балласта в зонах стрелочных переводов и пересечений подбивочные блоки имеют возможность вертикального и горизонтального перемещения в боковом направлении (относительно оси пути), а также откидывания в горизонтальной плоскости, если их опусканию препятствуют элементы стрелочного перевода или пересечения.

На рисунке 6.17 представлена схема подбивочного блока машины. Его оснащают «разделенной головкой» и четырьмя подбойками 1 (по две с каждой стороны шпалы). Движение подбоек в горизонтальной плоскости (т. е. откидывание) осуществляют гидроцилиндрами поворота 3, а движения обжатия и открытия подбоек – шатунными гидроцилиндрами 5. Как и в других машинах, все гидроцилиндры блока подключают к общей напорной линии для обеспечения одинаковых усилий на подбойках.

Вибрации подбоек инициирует находящийся в центре блока вибрационный эксцентриковый вал 8 с приводом от гидромотора 9. На вал опираются шатунные гидроцилиндры 5, которые передают колебания вала через рычаги 4 на подбойки 1, лопатки которых защищают пластинами из твердосплавных износостойких материалов.

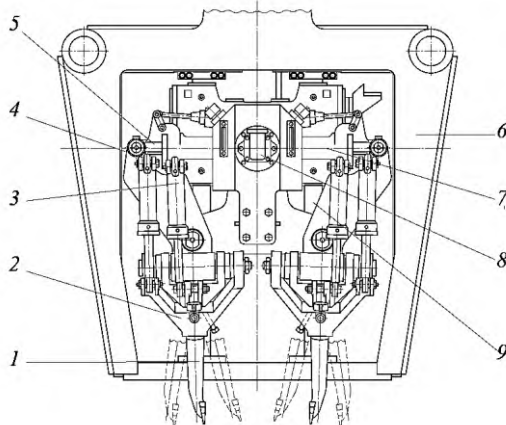


Рисунок 6.17 – Подбивочный блок машины Unimat Compact 08-275/3S-16:

- 1 – подбойка; 2 – поворотная опора;
- 3 – гидроцилиндр поворота; 4 – рычаг подбойки; 5 – гидроцилиндр обжатия; 6 – станина; 7 – эксцентриковый вал; 8 – гидромотор;
- 9 – вертикальная направляющая колонна

Универсальное ПРУ (рисунок 6.18) используют при работе как на пути, так и на стрелочном переводе (с дополнительной телескопической крановой установкой). ПРУ размещают между тележками перед подбивочными блоками. На отдельной раме устанавливают для каждой рельсовой нити ролик с внутренним фланцем, подъемный крюк и роликовый захват. Подъемные крюки, которые регулируют по высоте, имеют возможность захватывать рельс как под его головой, так и под подошвой. Их используют в основном на участках стрелочных переводов. Роликовые захваты (захватывают рельс снаружи и изнутри) применяют преимущественно на перегонах.

Рама ПРУ (см. рисунок 6.18) состоит из продольной 8 и поперечной 10 сварных балок, соединенных между собой через шарнирный узел 13 и регулировочные растяжки 14. В задней части балку 8 соединяют с рамой машины через ползун 7 и направляющую. Гидроцилиндром 6 смещают (в продольном направлении) крюк 11 для попадания в шпальный ящик при захвате под подошву рельса. Гидроцилиндр 4 используют при рихтовке пути, а гидроци-

цилиндр 1 обеспечивает вывешивание пути. В верхней части гидроцилиндр шарнирно крепят к раме машины, а штоками – к поперечной балке 10.

При работе на пути захват рельсов за головки производят роликовыми захватами, каждый из которых состоит из горизонтальных (тарельчатых) роликов с ребрами 12, рычагов 17 и гидроцилиндров 18.

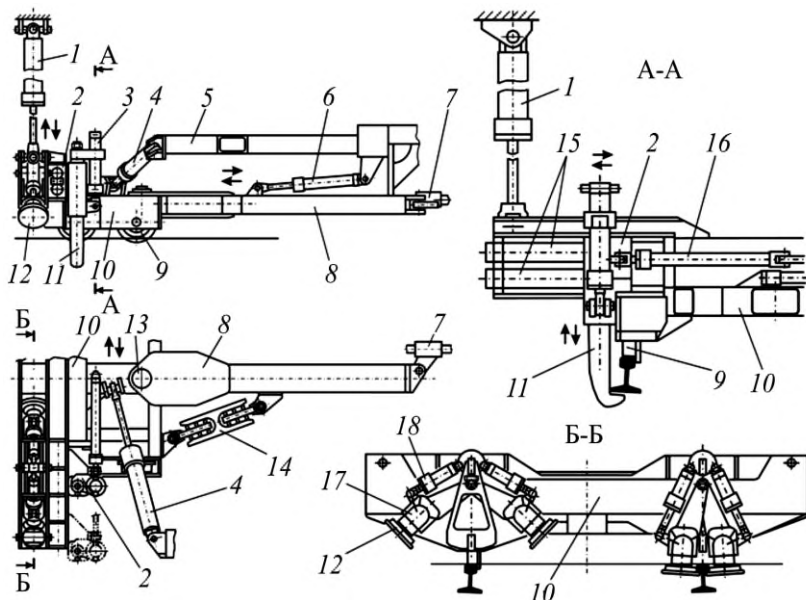


Рисунок 6.18 – Универсальное подъемно-рихтовочное устройство машины Unimat Compact 08-275/3S-16:

- 1, 4 – подъемный и рихтовочный гидроцилиндры; 2, 15 – каретка и направляющие;
- 3, 16 – гидроцилиндры привода крюкового захвата; 5 – рама машины; 6, 7 – гидроцилиндр и устройство продольного маневрирования ПРУ; 8, 10 – продольная и поперечная балки;
- 9 – опорный ролик; 11 – крюковой захват; 12 – захватный ролик; 13 – соединительный шарнир;
- 14 – регулировочная растяжка; 17, 18 – рычаг и гидроцилиндр управления роликом

На стрелочных переводах рельс зажимают крюковым захватом 11 и роликом с ребрами 9. В вертикальном направлении захват перемещают гидроцилиндром 3, а в горизонтальном (поперек пути) – на каретке 2 по направляющим 15 с помощью гидроцилиндра 16.

При работе на стрелочном переводе его вывешивают за три точки. Подъем стрелочного перевода за третий рельс производят краном с телескопической стрелой 5 (см. рисунок 6.16) с помощью тросовой подвески с захватной траверсой 15, которая поднимает рамный рельс с помощью двух двух-ребордных роликов и роликового захвата.

При рихтовке положением устройства управляют с помощью гидроцилиндра, связывающего раму машины со станиной ПРУ и обеспечивающего его поперечное перемещение.

Техническое обслуживание. Согласно требованиям СТП БЧ 56.428, который является базовым и обязательным к применению на отечественной железной дороге, состав работ по техническому обслуживанию машины Unimat Compact 08-275/3S-16 (ВПРС-08-275/3S-16), их объемы и сроки выполнения устанавливает производитель путевых работ, т. е. отечественная железная дорога с учетом рекомендаций компании – изготовителя машин. Для эффективного выполнения путевых работ по выправке, рихтовке и подбивке пути необходимо качественное техобслуживание рабочих органов, набор которых является традиционным для путевых машин подобного класса. Перечень этих работ представлен в сводной таблице 6.6.

6.1.6 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Unimat 08-475-4S

Машина Unimat 08-475-4S предназначена для производства выправочно-подбивочных и рихтовочных работ при текущем содержании, а также всех видах ремонта магистральных и подъездных путей. Она является универсальной машиной циклического действия для работы на стрелочных переводах, пересечениях и на пути, которая обеспечивает выправление пути в продольном профиле, по уровню и в плане; уплотнение балласта под шпалами и в зонах торцов шпал, а также выправление продольного профиля; рихтовку и подбивку пути на перегонах и станционных путях, на стрелочных переводах и пересечениях пути.

Машина состоит из базовой машины 2 и дополнительного вагона 34 (рисунки 6.19). Машину оснащают дизельным агрегатом мощностью 348 кВт, который в рабочем режиме через трансмиссию приводит насосы объемного гидропривода рабочих органов и механизма передвижения. Привод колесных пар задней ходовой тележки 24 осуществляют от гидромоторов, которые включают только в рабочем режиме. В транспортном режиме дизель передает вращение колесным парам тяговой тележки 15 через трансмиссию 16. Вагон 34 опирается на две колесные пары 28. Машина также имеет автоцепки 11, тормозную систему, сигнальные устройства и устройство безопасности движения (типа КЛУБ УП).

Машину оснащают рабочими органами, обеспечивающими выправку, подбивку и рихтовку пути. К ним относятся подбивочные блоки 23, дебалансные виброплиты 25, подборщик балласта 33 с транспортером 32 и бункер 29 с дозатором, а также контрольно-измерительные устройства для управления и контроля за параметрами технологического процесса.

Технические характеристики выправочно-подбивочно-рихтовочных машин для стрелочных переводов приведены в таблице 6.3.

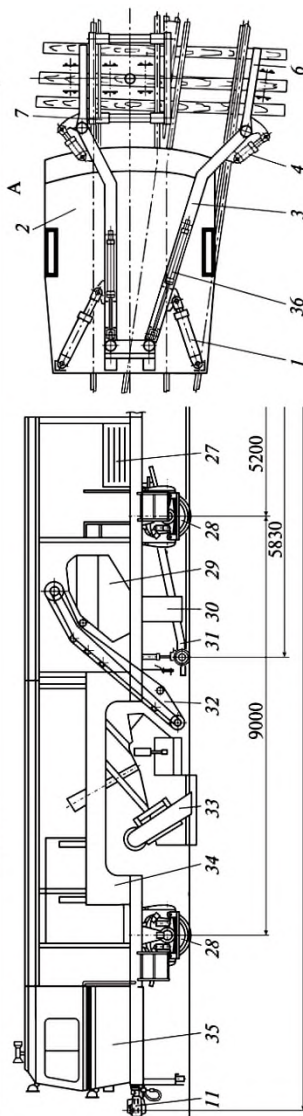
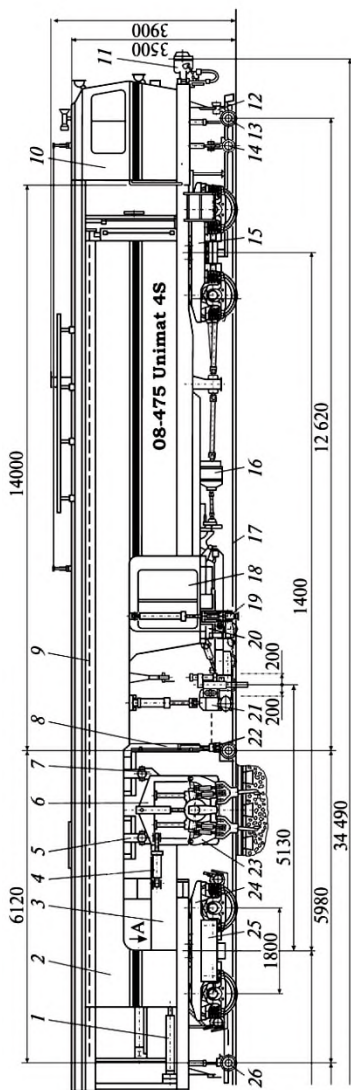


Рисунок 6.19 – Универсальная выправочно-подбивочно-рихтовочная машина Unimat 08-475-4S;

1, 4, 36 – гидrocилндры; 2, 34 – корпусы базовой машины и дополнительного вагона; 3 – поворотная телескопическая стрела; 5, 7 – подвеска и поворотная рама внутренних подбивочных блоков; 6 – рама внешних подбивочных блоков; 8 – нивелировочно-рихтовочное измерительное устройство; 9, 17 – трос-хорды нивелировочной и рихтовочной КИС; 10, 18, 35 – кабины оператора, рабочая и задняя; 11 – автоцепки; 12 – фотоприемник лазерного луча; 13, 26, 31 – измерительные тележки рихтовочной КИС; 14 – каток с импульсным датчиком пути; 15, 24 – тяговая и бегунковая ходовые тележки; 16 – трансмиссия; 19 – подъемный механизм третьего рельса; 20, 22 – фотоприемник и лазерная пушка КИС корректировки подьема третьего рельса; 21 – ПРУ; 23 – подбивочные блоки; 25 – виброшпильта уплотнения балласта у торцов шпал; 27 – бортовой кузов; 28 – колесная пара; 29 – бункер; 30 – дозатор; 32 – транспортер; 33 – подборщик балласта

Таблица 6.3 – Технические характеристики машин ВПРС

Параметр	Unimat Compact 08-275/3S-16	Unimat 08-475-4S
Общая масса, не более, т	52,5	100,0
Мощность, кВт	300	348
Длина, мм	21320	34490
Подбивочный блок	Одношпальный	
Количество подбоек, шт	8	
Частота вибрации, Гц	35	
Амплитуда колебаний, мм	10	
Эксцентриситет вибровала, мм	2,0	
Производительность, шп./ч (стрел. пер./ч)	700 (2)	
Рабочая скорость в измеритель- ном режиме, км/ч	10,0	
Примечание – шп./ч – количество обработанных шпал в час; стрел. пер./ч – количество обработанных стрелочных переводов в час.		

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Уплотнение балласта в подшпальной зоне производят четырьмя одношпальными подбивочными блоками 23. Блоки имеют два ряда подбоек, которые могут поворачиваться (откидываться) поперек пути от рельса на угол 85° и к рельсу на угол 15°. Два блока располагают снаружи от колеи, а два – внутри колеи. Внутренние подбивочные блоки устанавливают на раме 7 (ее фиксируют на машине через подвеску 5), а внешние – на раме 6.

Машина имеет такую же конструкцию рамы и подвески рабочих органов, как и машина Unimat Compact 08-275/3S-16.

Технологический процесс выправки и подбивки стрелочного перевода обычно начинают с обработки зон внешних (рамных) рельсов для стабилизации положения перевода по уровню, а уже затем обрабатывают остальные зоны балластного слоя. Каждый внешний подбивочный блок на раме 6 через вертикальный шарнирный узел соединяют с поворотной телескопической стрелой 3. Стрелу в плане поворачивают гидроцилиндром 1, а раму 6 относительно стрелы – гидроцилиндром 4. Гидроцилиндр 3б служит для выдвижения телескопической части стрелы. Все подбивочные блоки устанавливают в вертикальных направляющих и перемещают по ним гидроцилиндрами. Соответственно, каждый блок можно установить в любой зоне стрелочного перевода, что сокращает число рабочих проходов машины. Для уплотнения балласта у торцов шпал при работе машины используют виброплиты 25 дебалансного типа.

Вагон 34 оснащают вспомогательным оборудованием для распределения балласта вдоль стрелочного перевода или пути. Оборудование включает подборщик 33 со щеточным ротором, транспортер 28 для загрузки излишнего щебня в бункер 29 с дозатором 30, которым при необходимости перераспределяют щебень вдоль пути.

ПРУ данной машины 18 по конструкции полностью соответствует подъемно-рихтовочному устройству машины Unimat Compact 08-275/3S-16. Для предотвращения перегрузки ПРУ при работе на стрелочном переводе из-за несимметричного приложения подъемной нагрузки, машину оборудуют правым и левым подъемными механизмами 19 с роликовыми захватами. При работе эти механизмы захватывают стрелочный перевод за рамный рельс.

Система управления обеспечивает синхронный подъем стрелочного перевода за три точки, предотвращая его перекося. Для более точной установки третьего рельса в продольном профиле и по уровню применяют дополнительную КИС с использованием лазера. Она имеет лазерную пушку 22 (с модуляцией горизонтальной составляющей луча) и фотоприемник 20. Лазерную пушку устанавливают на нивелировочно-рихтовочном измерительном устройстве 8, а фотоприемник 20 – на захвате подъемного механизма 19. После достижения заданного уровня третьего рельса подъемку автоматически прекращают.

Подъемку и рихтовку начинают с опускания подбивочных блоков в заданное положение. При этом путь, удерживаемый подъемными крюками или роликовыми захватами, поднимают гидроцилиндрами и оставляют в поднятом состоянии до окончания процесса подбивки. Рихтовку пути производят рихтовочными цилиндрами, которые передают усилие рихтовки на рельс через фланцы рихтовочных роликов без резких ударов.

Для управления выправкой пути используют КИС машины, включающей рихтовочную, нивелировочную и контрольную системы, устройство которых традиционно для ВПР машин. КИС обеспечивает измерение отклонений в положении пути, выработку и передачу сигнала на управление механизмами подъемки и рихтовки, а также контроль результатов выправочных работ.

Рихтовочная четырехточечная система (см. рисунок 6.19) состоит из концевых тележек 13 и 31, нивелировочно-рихтовочного измерительного устройства 8 и контрольно-измерительной тележки 26. Между передней и задней тележками натягивают измерительный трос-хорду 17. На передней тележке 13 устанавливают колесо с датчиком пути 14 и фотоприемник лазерного луча 12. Двухтросовая нивелировочная система содержит нивелировочные и контрольные устройства, опирающиеся на тележки 13 и 26, между которыми натянуты трос-хорды 9. Измерения стрел изгиба в точках выправки и положения пути по уровню производят датчиками, распо-

женными на устройстве 8. Управление выправкой осуществляют автоматизированной системой. Управление рабочими процессами осуществляют из кабины оператора 10, рабочей кабины 18 и задней кабины 35.

Техническое обслуживание машины в общем виде не отличается от работ по техобслуживанию упомянутых ранее машин. Их также разделяют на операции по очистке, визуальному контролю, пополнению расходуемых материалов, смазыванию и замене расходуемых средств и выполняют в соответствии с требованиями по безопасности эксплуатации и рекомендациями по проведению технического обслуживания машин, представленными в инструкциях по эксплуатации производителя машин. Как и рассмотренные ранее машины, с помощью этой универсальной машины циклического действия производят сложные путевые работы. Перечень основных работ по техобслуживанию машины представлен в сводной таблице 6.6.

6.1.7 Скоростной планировщик балласта SSP-110 SW (ССП-110)

Планировщик ССП-110 предназначен для планирования и перераспределения свежееотсыпанного балласта в продольном и поперечном профиле при текущем содержании пути и всех видах его ремонта. Характеристики машины приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Технические характеристики скоростного планировщика балласта

Параметр	Значение
Общая масса, не более, т	41,5
Мощность, кВт	235
Частота вращения двигателя, мин ⁻¹	2300
Длина, мм	17790
Рабочая ширина щеточного устройства, мм	2700
Частота вращения щетки, мин ⁻¹	350
Вместимость бункера для хранения щебня, м ³	4,5
Скорость, км/ч:	
– рабочая	4,0
– в составе поезда	90,0

Планировщик (рисунок 6.20) является самоходной машиной с двумя ведущими колесными парами, на которые опирается рама 2. На раме располагают основные агрегаты и узлы машины. В их числе силовая установка 7 с трансмиссией, кабина управления 9, а также рабочие органы (щеточное устройство и дополнительная щетка в передней части машины, поперечный передний конвейер 3, элеватор или крутоподъемный конвейер 11, бункер 10 и др.). Под рамой (в базе машины) устанавливают центральное плужное устройство 5, боковые плуги 6 и четыре распределительных устройства 4 (на рисунке 6.20 показано транспортное положение машины).

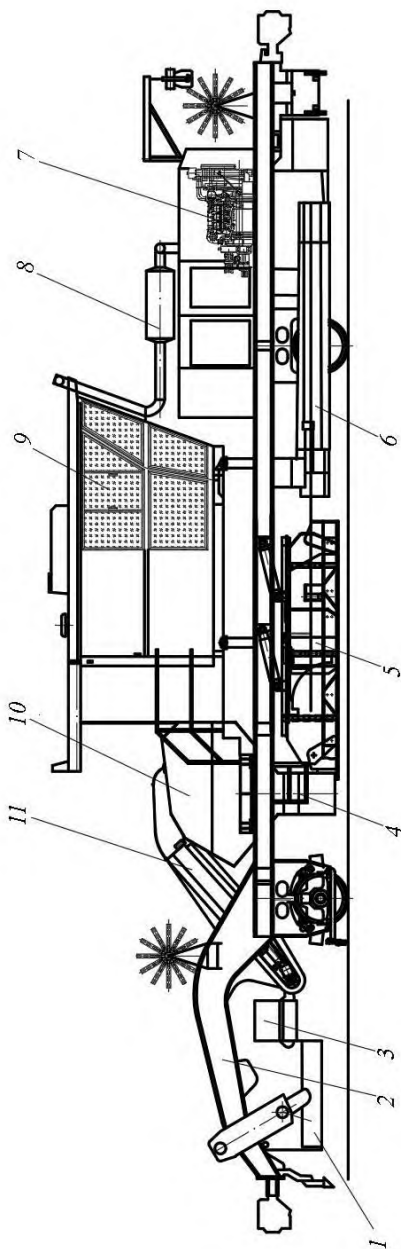


Рисунок 6.20 – Скоростной планировщик балласта SSP-110 (ССП-110):

1 – щеточное устройство, 2 – рама, 3 – поперечный транспортер; 4 – распределительное устройство; 5 – центральное плужное устройство; 6 – боковой плуг. 7 – силовая установка, 8 – глушитель, 9 – кабина управления, 10 – бункер, 11 – круглоподъемный конвейер (элеватор)

В качестве первичного двигателя используют дизель, который развивает мощность 235 кВт (при частоте вращения 2300 мин⁻¹). Его устанавливают в передней части машины на отдельной раме вместе с вторичными двигателями – гидронасосами, воздушным компрессором и электрогенератором.

В транспортном режиме привод на колесные пары осуществляют через гидромеханическую трансмиссию с гидродинамическим компонентом. В рабочем режиме колесные пары машины приводят через гидромеханическую трансмиссию с гидрообъемным компонентом.

Гидросистема машины включает два аксиально-поршневых насоса для привода хода и элементов рабочего оборудования машины, а также пластинчатый насос для привода транспортеров.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Рабочие органы машины обеспечивают выполнение ряда операций. В их числе планировка щебня по всей ширине балластной призмы для обеспечения ее проектного профиля, перераспределение балласта с откосов и междупутья внутрь колеи, перераспределение балласта с откосов в междупутье, и наоборот, удаление балласта с верхней поверхности шпал и его перемещение за концы шпал, очистка скреплений рельсов от балласта.

Для реализации этих операций используют необходимое рабочее оборудование. Для профилирования и планировки щебня используют щетки и приспособления для сгребания и перераспределения щебня (см. рисунок 6.20). Щеточным устройством 1 наполняют шпальные ящики щебнем, который поднимают плугами с внутренней поверхности рельса. Избыток щебня убирают (через направляющие планки) с помощью поперечного конвейера 3 ленточного типа на плечи и откосы балластной призмы. При необходимости этим конвейером (за счет его реверсирования) перемещают излишки щебня на левую или правую обочину призмы. При избытке щебня отключают конвейер 3 и щебень подают с щеточного устройства с помощью элеватора 11 в бункер 10 (емкостью 4,5 м³). Бункер используют для накопления избыточного щебня и его последующего распределения в зонах с недостаточным количеством. Сброс щебня в эти зоны производят через четыре распределительных устройства (по два с каждой стороны), которые расположены под бункером слева и справа от рельсов.

Центральным планировочным плугом 5, состоящим из двух направляющих щитов и расположенным в средней части машины, перераспределяют балласт в любом направлении за один рабочий проход машины.

Щиты имеют гидравлическое управление и способны изменять свое положение в вертикальной плоскости независимо друг от друга, обеспечивая точную дозировку щебня, а также его перераспределение в различных

направлениях (вспашку справа налево и слева направо, распашку вперед и накопление назад, распашку назад и накопление вперед и другие операции).

Боковые плуги 1 и 8 (рисунок 6.21) располагают в передней части по обе стороны машины с возможностью управления их положением как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости в широком диапазоне размеров. Их позиционирование полностью гидрофицировано, при этом с помощью гидроцилиндров поворота и подъема-опускания имеется возможность обрабатывать среднюю часть балластной призмы. Кроме того, за счет регулирования радиуса действия плуга обходят препятствия (фиксированные точки, сигналы, мачты и др.), возникающие на внутренней боковой поверхности ходового рельса, без накопления щебня.

Для очистки рельсовых креплений и удаления щебня, находящегося между рельсом и рельсовыми креплениями, применяют щетки, которые устанавливают перед передней осью. Для удаления щебня с поверхности рельсов используют металлические плужки, установленные перед щетками.

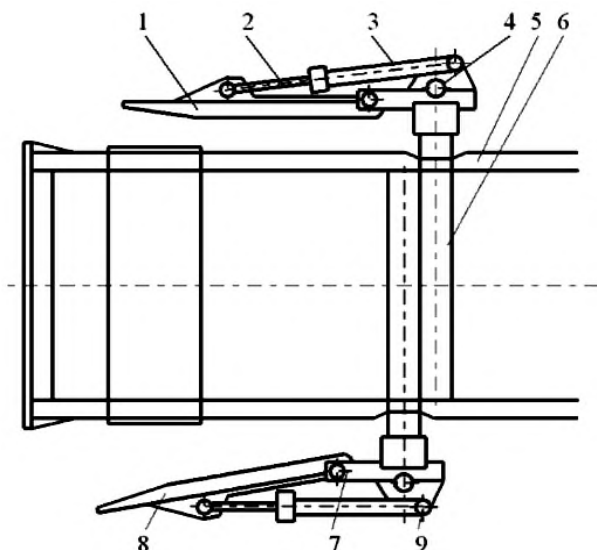


Рисунок 6.21 – Боковые плуги скоростного планировщика балласта:
1, 8 – правый и левый боковые плуги; 2 – гидроцилиндр поворота плуга; 3, 7 – ограничители поворота; 4 – гидроцилиндр подъема-опускания плуга; 5 – рама машины; 6 – кронштейн; 9 – опора плуга

Техническое обслуживание машины в общем виде не отличается от работ по техобслуживанию упомянутых ранее машин. Их также разделяют на опера-

ции по очистке, визуальному контролю, пополнению расходуемых материалов, смазыванию и замене расходуемых средств и выполняют в соответствии с требованиями по безопасности эксплуатации и рекомендациями по проведению технического обслуживания машин, представленными в инструкциях по эксплуатации производителя машин компании «Plasser & Theurer».

Конструктивные особенности связаны с назначением машины и включают планировочные плуги и щетки, обеспечивающие равномерное распределение щебня. Последовательность работ по техобслуживанию сохраняет тот же порядок: ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3.

Согласно рекомендациям неоднократно упомянутого стандарта организации СТБ, техобслуживание агрегатов и систем машины проводят с учетом требований эксплуатационных документов производителя, которые представлены в сводной таблице 6.6.

6.1.8 Динамический стабилизатор пути DGS-62 (ДГС-62)

Машина ДГС-62. В современных технологиях текущего содержания и ремонта пути вибрационные динамические стабилизаторы используют в составе отделочных комплексов для завершения работ по уплотнению балластной призмы, что позволяет существенно сократить время между окончанием ремонтных работ и пуском поездов с установленной скоростью.

Динамический стабилизатор пути (DGS-62 или DGS-62N) осуществляет стабилизацию железнодорожного пути рабочим органом, который генерирует колебания, передающиеся путевой решётке. Результатом является стабилизация положения РШР в балластной призме за счет ее виброударного воздействия на балласт. Стабилизатор завершает комплекс работ по уплотнению балластной призмы, обеспечивая в автоматическом режиме формирование стабилизированного основания пути и определяя качество выполнения путевых работ в целом. В числе его функций также финишные работы после глубокой очистки балласта, оставляющей разрыхленный слой большой глубины (50 см и более).

На рисунке 6.22 представлена конструктивная схема динамического стабилизатора пути с двумя ведущими ходовыми двухосными тележками 5 и 11. Машина содержит экипажную часть и рабочие органы. В состав экипажной части машины входят рама, две кабины (передняя 1 и задняя 2), дизельный силовой агрегат, трансмиссия 10, тормозная система, гидро-, пневмо- и электрооборудование. Кроме того, машину оснащают автосцепками 3, сигнальными устройствами и устройствами системы безопасности движения КЛУБ УП.

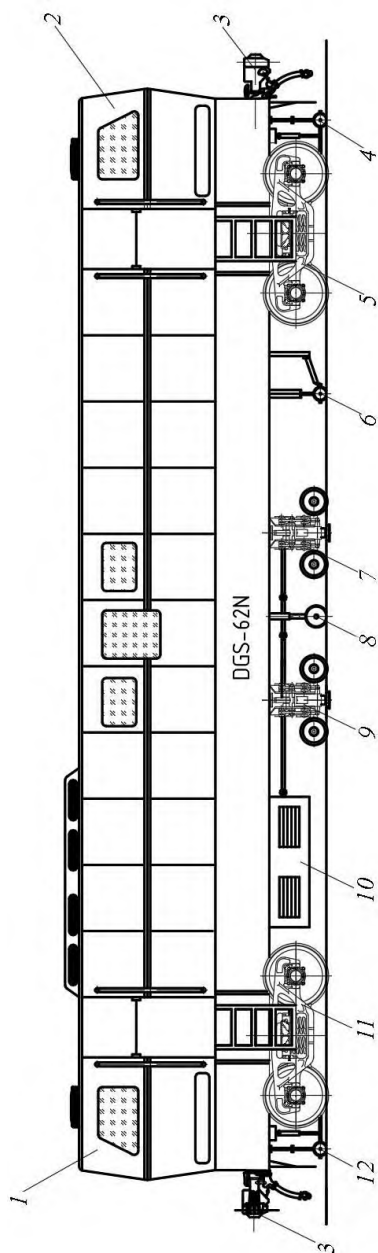


Рисунок 6.22 – Динамический стабилизатор пути DGS-62N:

- 1 – передняя кабина; 2 – задняя кабина; 3 – автоцепки; 4 – задняя зажимная тележка;
 5, 11 – ведущие ходовые тележки, 6 – маятниковая тележка; 7, 9 – задний и передний блоки стабилизации;
 8 – средняя измерительная тележка; 10 – привод передвижения машины;
 12 – передняя зажимная тележка

В качестве первичного двигателя используют дизель мощностью 240 кВт. Его устанавливают на отдельной раме вместе с вторичными двигателями: гидронасосом, компрессором и генератором.

Рабочее оборудование машины включает два виброблока (передний 7 и задний 9). На каждом виброблоке устанавливают дебалансный вибратор, генерирующий направленные горизонтальные колебания, привод которых осуществляют от двух аксиально-поршневых гидромоторов через карданные передачи, соединяющие ведущие валы вибраторов и валы гидромоторов.

Технические характеристики DGS-62N машины приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Технические характеристики динамического стабилизатора пути

Параметр	Значение
Общая масса, т	75,5
Мощность, кВт	240
Частота вращения двигателя, мин ⁻¹	2100
Длина, мм	17550
Рабочая скорость, км/ч	До 2,0
Статическое прижатие виброблоков, кН	До 355
Частота колебаний в горизонтальном направлении, Гц	До 45
Число виброблоков	2

Ходовая система машин DGS-62 и DGS-62N включает две ведущие двухосные тележки. Однако их приводы существенно отличаются друг от друга.

В машине DGS-62 передняя тяговая тележка имеет механический привод и является ведущей как в рабочем, так и в транспортном режиме. При этом задняя тележка имеет гидромеханический привод с гидрообъемным компонентом и является ведущей только в рабочем режиме.

Ходовая система машины DGS-62N является более экономичной и эффективной: в рабочем режиме обе тележки имеют гидромеханический привод с гидрообъемной передачей, в транспортном – гидромеханический привод с гидродинамической передачей.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Для получения однородной структуры балластной призмы и стабилизации положения РШР узел динамической стабилизации (рисунок 6.23) генерирует горизонтальное вибрационное воздействие на путь с помощью двух силовых виброблоков (с максимальной вертикальной нагрузкой 355 кН). Их располагают в средней части машины под рамой и шарнирно подвешивают к ней с помощью продольных рычагов. Каждый виброблок содержит корпус 5, рельсовые роликовые захваты 8, два горизонтально расположенных гидроцилиндра 11 (по одному на каждую пару внутренних роликов) и четыре гидроцилиндра 6, связанные рычажной передачей с наружными роликами захватов 8. Он полностью унифицирован с рабочим органом динамического стабилизатора пути так называемого «подбивочного экспресса» ВПРМ 09-3Х.

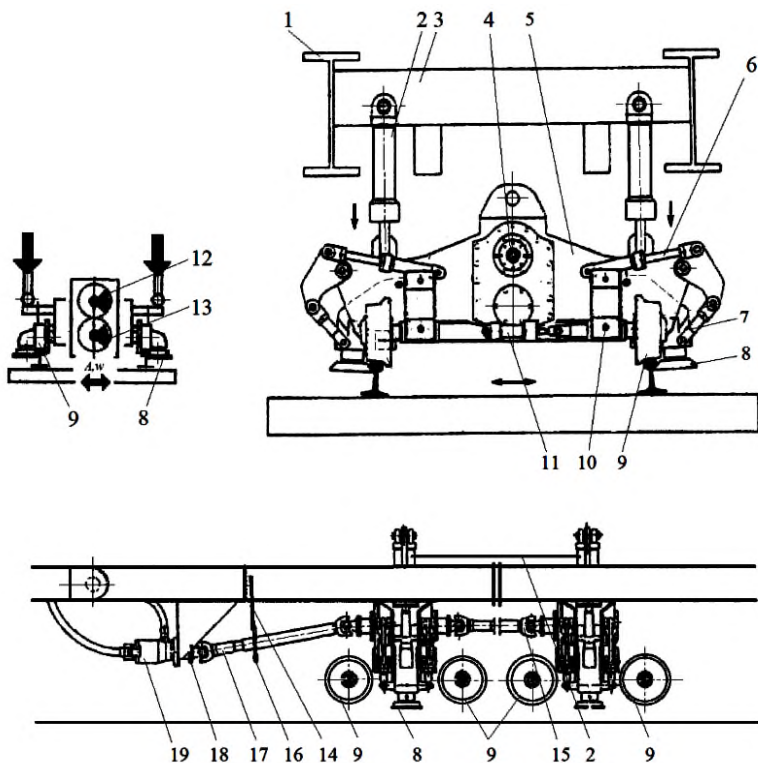


Рисунок 6.23 – Узел динамической стабилизации пути:

- 1 – продольная балка; 2 – гидроцилиндр управления вертикальным положением вибратора;
 3 – поперечная балка; 4 – вал верхнего дебаланса; 5 – корпус; 6, 7 – гидроцилиндры откидыва-
 ния и прижатия захвата; 8 – роликовые захваты; 9 – ребордные ролики; 10 – вильчатая головка;
 11 – гидроцилиндр прижатия; 12, 13 – верхний и нижний дебалансы; 14 – скоба;
 15, 17 – карданные валы привода дебалансов; 16 – предохранительный лист; 18 – косынка;
 19 – гидромотор

Частоту вибрации регулируют из кабины в пределах от 0 до 45 Гц. Через четыре вертикальных гидроцилиндра, которые опираются на раму шарнирами, РШР автоматически погружается в балласт с заданным давлением. При погружении происходит виброударное воздействие (трамбование) подошвы шпалы на балласт и его уплотнение.

Вибропривод заблокирован с приводом рабочего перемещения машины и включается при снижении рабочей скорости до 2 км/ч. Управление машиной в рабочем и транспортном режимах (см. рисунок 6.22) ведут из кабин 1 и 4 в зависимости от направления движения.

Положение рельсовых нитей пути в продольном профиле и по уровню контролируют двухтросовой КИС, используя традиционную трехточечную схему измерения. Для этого на машине (см. рисунок 6.22) устанавливают переднюю 14, среднюю 10 и заднюю 6 зажимные тележки, а также маятниковую тележку 8, которая обеспечивает автоматическое регулирование поперечного уровня для контроля состояния пути.

Измерение положения правой и левой рельсовых нитей в продольном профиле производят относительно правого и левого тросов-хорд 2, закрепленных и натянутых между стойками передней 14 и задней 6 измерительных тележек. Для контроля параметров положения пути в плане на измерительном устройстве устанавливают потенциометрические датчики 3 стрелы изгиба пути в плане.

При работе тележки вертикально прижимают к рельсам гидроцилиндрами для их подъема в транспортное и опускания в рабочее положение. Натяжение хорд производят пневмоцилиндрами.

В начале работы опускают на путь стабилизирующие органы и тележки КИС, натягивают трос-хорды и соединяют их с датчиками. С учетом заданных системой автоматики параметров в процессе стабилизации пути регулируют вертикальное усилие прижатия, величину осадки, частоту и амплитуду вибрации, рабочую скорость.

Как правило, машина работает в составе отделочных комплексов, со скоростью, согласованной со скоростью работающих впереди машин.

Техническое обслуживание. Традиционный набор операций включает очистку, визуальный контроль, пополнение расходуемых материалов, смазывание и замену расходуемых средств. Эти операции выполняют в соответствии с требованиями по безопасности и рекомендациями по проведению техобслуживания машин, представленными в инструкциях по эксплуатации компании-производителя (таблица 6.6).

Индивидуальные особенности конструкции состоят в наличии узла стабилизации, который включает дизель, насосы, гидромоторы, роликовые захваты, гидроцилиндры и рычажные передачи.

При выявлении в деталях, узлах и агрегатах дефектов, влияющих на безопасность движения, к их устранению привлекают специалистов, отвечающих за безопасность эксплуатации машин.

В таблице 6.6 представлена обобщенная схема техобслуживания австрийских машин, обеспечивающих выправку, подбивку и рихтовку пути.

Таблица 6.6 – Сводная схема техобслуживания машин ВПР и ВПРС

Интервал	Вид работ
В промежутках: периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка системы пожаротушения. Проверка тормозов. Проверка охладителей

Продолжение таблицы 6.6

Интервал	Вид работ
ЕТО ежедневно	Проверка расходимых средств: проверка уровня масла двигателей, проверка запаса дизельного топлива, проверка уровня масла и фильтров бака гидравлической жидкости, выпуск воздуха из ресиверов, проверка пневмосистемы. Внешний осмотр и проверка: двигателя, трансмиссии, рабочих органов. Осмотр ходовой системы: деталей и узлов ведущей и бегунковой тележек. Смазка: деталей, конструкций и узлов рабочих органов и КИС. Узел фильтрации топлива: осмотр и проверка ручного и электрического насосов. Воздушная сушилка: опорожнение каплеуловителей в системе снабжения сжатым воздухом
ТО-1 через 50 часов работы	Выполнение всех операций ЕТО. Силовая установка: проверка натяжения клиновых ремней. Трансмиссия: проверка уровня масла в осевых редукторах, раздаточной коробке передач, пресс-масленках Рабочие органы: осмотр и смазывание выбросного конвейера, цепного привода донного конвейера, ПРУ, выбросного и боковых транспортеров, подрезного ножа, виброгрохота, выгребной цепи, транспортерных лент, скребковых устройств. Проверка и очистка воздушных фильтров
ТО-2 через 250 часов работы	Выполнение всех операций ТО-1. Двигатель: замена масла и фильтров. Тормоза: осмотр и смазка рычагов, тяг, шарнирных соединений; проверка и замена при необходимости тормозных колодок; проверка тормозных цилиндров КИС: замена масла в элементах среднего съемного устройства, рихтовочной, измерительной, натяжной и зажимной тележек. Рабочие органы: осмотр и смазка по карте смазки; проверка и смазка элементов ПРУ, транспортеров, виброгрохота, выгребной цепи, деталей и сборочных единиц спутника*. Агрегаты и узлы: проверка и осмотр двигателя и трансмиссии, рамы с автосцепкой, колесных пар и тележек, гидросистемы и электрооборудования. Проверка исправности комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ УП
* Спутник – блок ориентации подбоек над шпальными ящиками, на котором располагают рабочее оборудование для выправки и подбивки пути машин непрерывно-циклического действия типа ВПР-09-32, ВПР-09-3Х и др.	

Окончание таблицы 6.6

Интервал	Вид работ
ТО-3 через 500 часов работы	Выполнение всех операций ТО-2 Двигатель: очистка или замена фильтров (предварительной, грубой и тонкой очистки дизельного топлива). Трансмиссия: замена масла в коробке передач, раздаточной коробке передач насосов, понижающей передаче, в осевых редукторах, раздаточной коробке передач карданных валов, промежуточном приводном валу. Устройство стабилизации: смена масла в коробке передач вибропривода. Замена фильтров тонкой очистки. Ходовая система: замена масла в ведущей и бегунковой тележках. Тормоза: замена тормозных колодок в ведущей и бегунковой тележках, проверка и смазка ручного тормоза и тормозной передачи. Узел фильтрации топлива: замена фильтра в устройстве преднагрева и ступенчатого фильтра, замена уплотнений. Воздушная сушилка: замена фильтрующего элемента, замена элемента с гранулятом. Замена фильтров гидравлической жидкости.

6.2 Эксплуатация и обслуживание щебнеочистительных машин

Машины для очистки щебня и замены балласта обеспечивают деформационную устойчивость РШР при воздействии поездной нагрузки за счет восстановления деформационной способности балластной призмы. Требования к балластной призме, а также к качеству и периодичности очистки щебня определяют способы производства работ с учетом состояния пути и вида его ремонта. Сплошную очистку щебня или его замену производят при среднем и капитальном ремонтах пути.

Для восстановления параметров балластной призмы и проектного положения РШР используют путевые машины, которые классифицируют по следующим основным признакам:

- 1) *по назначению* – специализированные (для работы только на перегонах или только на стрелочных переводах) и универсальные (для работы и на перегонах, и на стрелочных переводах);
- 2) *по способу передвижения* – самоходные и прицепные;
- 3) *по выполнению основной операции* – для очистки щебня, для вырезки (замены) балласта, для очистки и вырезки балласта;
- 4) *по виду очистки балласта* – с малой и глубокой лобовой очисткой, с торцевой и комплексной очисткой;

5) *по типу рабочих органов для вырезки балласта* – с пассивными подрезными ножами и подгребающими крыльями, с активными вырезающими органами (цепными скребковыми, роторными и баровыми) и комбинированными рабочими элементами;

6) *по типу очистительного устройства* – с центробежными устройствами и плоскими вибрационными грохотами;

7) *по способу удаления засорителей* – с выгрузкой на обочину пути и в специализированный подвижной состав;

8) *по виду работы с РШР* – с подъемом и без подъема решетки, со снятой решеткой;

9) *по типу ходовой части* – на рельсовом и комбинированном пневмоколесно-рельсовом ходу.

Вполне очевидно, что машины с малой глубиной очистки имеют более высокую производительность, чем машины с большой глубиной очистки щебня.

Из путевых машин, которые эксплуатируются на предприятиях Белорусской железной дороги, следует выделить машины, обеспечивающие комплексное решение проблемы очистки щебня и замены балласта наиболее эффективными методами.

6.2.1 Самоходная щебнеочистительная машина RM-80 UHR (PM-80)

Машина PM-80 компании «Plasser & Theurer» предназначена для глубокой очистки железнодорожного пути и стрелочных переводов, а также для вырезки старого балласта и выполнения работ по подъемке пути на балластную призму.

Машина имеет раму 23 (рисунок 6.24), которая опирается на две двухосные приводные тележки 14. На раме размещают переднюю кабину поста управления машиниста 8, заднюю кабину 3 управления движением и кабину 5 управления распределением щебня.

Ходовая система машины включает две двухосные тележки с гидрообъемным приводом колес через осевые редукторы, имеющие гидрообъемный привод на каждую их ось. При движении машины в рабочем и транспортном режимах привод ходовых частей гидромеханический, приводными являются все оси обеих ходовых тележек. Сила тяги на ободе колеса при трогании с места составляет 70 тс, а при движении в транспортном режиме – 18 тс. Транспортная скорость передвижения как своим ходом, так и поезда – 60 км/ч, рабочую скорость изменения бесступенчато в пределах от 0 до 1 км/ч.

Рабочее оборудование машины содержит следующие органы: выгребное скребковое устройство 7, вибрационный грохот 6, транспортер для засорителей 9, поворотный выбросной конвейер 12, распределительные конвейеры 20 для выгрузки очищенного щебня, устройство для очистки шпал, устройство для пробивки шпальных ящиков 16, планировочный плуг для балласта 21, а также ПРУ 17.

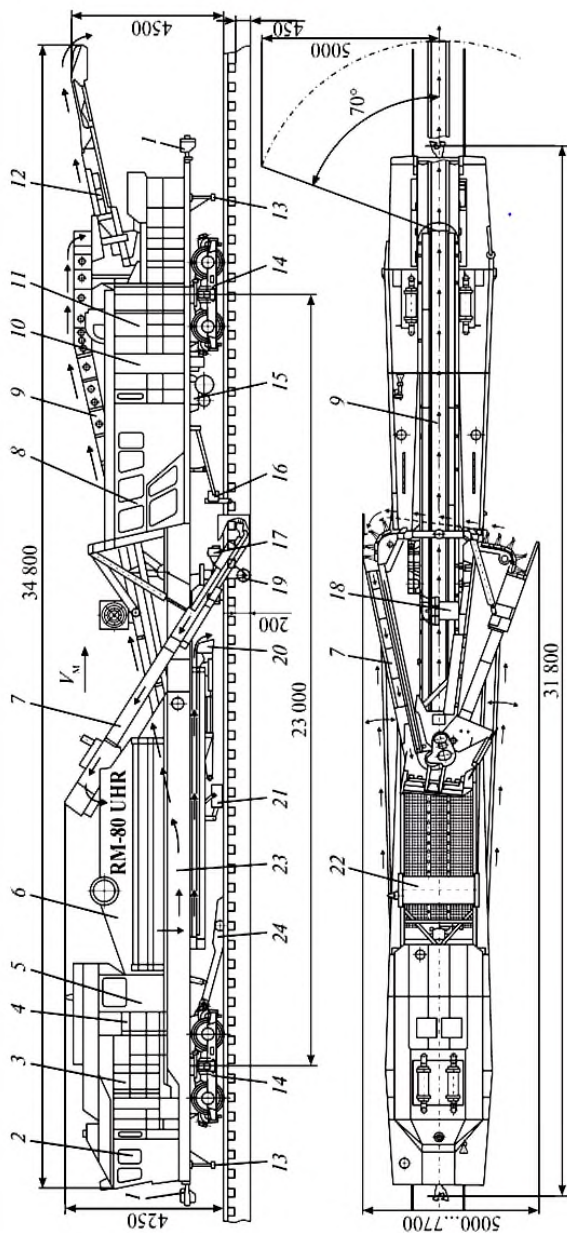


Рисунок 6.24 – Универсальная щетноочистительная машина RM-80 UHR:

1 – автоцепки; 2, 5, 8 – кабины управления (задняя, средняя и передняя); 3, 10 – гидростанции (задняя, передняя); 4, 11 – дизельные двигатели; 6 – вибрационный грохот; 7 – скребковое вытрябное устройство; 9 – главный транспортер отбора засорителей; 12 – поворотный выбросной транспортер; 13 – устройство безопасности КЛУБ-УП; 14 – тяговые ходовые тележки; 15 – пневматическая система; 16 – пробивщик шпальных ящиков; 17 – подъемно-рихтовочное устройство; 18 – маслоохладитель гидросистемы; 19 – устройство для раскалывания подстилающего слоя из рулона; 20 – конвейер выгрузки чистого щебня в путь; 21 – планировочный плуг для балласта; 22 – вибратор направленных колебаний грохота; 23 – рама машины; 24 – планировщик-распределитель балласта

Силовая установка машины состоит из двух дизельных двигателей 4 и 11 мощностью по 333 кВт каждый (при частоте вращения 2150 мин^{-1}), а также вторичных силовых устройств (гидронасосов, генератора и компрессора). Она приводит через гидрообъемные передачи («гидронасос – гидромотор» и «гидронасос – гидроцилиндр») рабочие органы, а также ходовое оборудование при движении машины в рабочем и транспортном режимах. В рабочем режиме силовая установка машины обеспечивает возможность совместного перемещения машины и состава для засорителей (массой до 1000 т).

В зоне выгребной цепи устанавливают подъемно-рихтовочное устройство 17 в виде тележки с роликовыми захватами за головки рельсов, с помощью которого выполняют подъемку РШР (до 250 мм) и сдвигу пути (в плане до $\pm 200 \text{ мм}$) без опоры на балласт с помощью системы вертикально и поперечно расположенных гидроцилиндров.

Машину оборудуют КИС, позволяющей контролировать взаимное положение рельсовых нитей в продольном профиле, глубину вырезки балласта, а также параметры геометрического положения пути после очистки балласта. Базой измерения служат два троса, натянутые по одному над каждой рельсовой нитью пути между передней и задней осями (расстояние составляет 25,0 м).

Взаимное расположение рельсовых нитей в поперечном профиле определяют с помощью электронного маятникового уровня, который автоматически регулирует положение передних концов тросов, в результате чего их высота над головкой рельса всегда соответствует заданному значению.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Перед началом работы (рисунок 6.24) производят подъемку РШР с помощью подъемно-рихтовочного устройства 17, после чего подают под РШР выгребную цепь 7, соединяют ее с боковинами цепи и направляющими и запускают привод цепи. Цепью, установленной в поперечном направлении, подрезают балласт и перемещают его скребками по рабочему желобу к разгрузочному лотку, с которого его подают на конвейер 3 и направляют к грохоту 6 для последующей очистки.

Наглядное представление о работе выгребной цепи дает рисунок 1.22.

Привод выгребной цепи осуществляют от гидромотора (мощностью 255 кВт) с возможностью регулирования ее скорости в диапазоне от 2,4 до 4,0 м/с, а ее положение регулируют с помощью гидроцилиндров. Для качественной очистки щебня выгребную цепь снабжают скребками (высотой до 250 мм), каждый из которых имеет четыре зуба. Зубья разрыхляют спекшийся щебень, а скребки транспортируют вырезанный засоритель к грохоту.

Трехступенчатый вибрационный грохот выполняют в виде линейного вибратора с двумя дебалансными валами с приводом от гидромотора. С верхнего сита (с ячейками размером 70–80 мм) удаляют крупные частицы и перемещают их на транспортер для засорителей, на среднем (50–55 мм) получают среднюю фракцию, на нижнем – мелкую фракцию (32–36 мм) и отделяют оставшийся щебень от засорителей.

Очищенный щебень (с помощью направляющих заслонок) отсыпают в путь или подают на боковые поворотные транспортеры 20 для выгрузки на откосы земляного полотна или в два бункера-накопителя общей вместимостью около 2,4 м³. Специальные плужные устройства 21, смонтированные непосредственно за упомянутыми распределительными механизмами, удаляют щебень с рельсов, рельсовых креплений и верхних постелей шпал.

Отходы очистки, проходя через сита виброгрохота, попадают на нижнюю ветвь конвейера 9, а затем или поступают к загрузочной воронке выбросного конвейера 12, который удаляет их за пределы пути, или грузятся в специальный подвижной состав. Выбросной конвейер имеет возможность поворота на $\pm 70^\circ$ от оси пути.

При наличии прочной корки загрязненного щебня используют пробивщик шпальных ящиков (лепесткового или другого типа), который разрушает корку и обеспечивает просыпание частиц щебня между шпал.

Планирование оставшегося на поверхностях шпал щебня производят планировщиком-распределителем 24.

Для расширения технологических возможностей машину оснащают цепями небольшой длины для малых глубин очистки щебня и узкими цепями для обработки балластной призмы, имеющей боковые препятствия. Для увеличения ширины вырезки щебня поперечную подпутную балку удлиняют в обе стороны за счет установки восьми дополнительных секций. Удлинение балки (с 4000 до 7700 мм) позволяет очищать щебень в зоне стрелочных переводов и пересечений.

Машину оснащают электрооборудованием (напряжением 24 В). Кроме того, имеется вывод напряжения 220–380 В для сетевого подключения внешнего источника напряжения в пункте техобслуживания (в частности, для разогрева рабочих жидкостей в гидросистеме и силовой установке).

Более ранней версией щебнеочистительной машины является модель RM-76, которая отличается прежде всего габаритами и сопутствующими характеристиками (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Характеристики щебнеочистительных машин

Параметр	RM-80 UHR	RM-76
Общая масса, т	96	69
Мощность, кВт	333+333	348
Производительность при очистке балласта, м ³ /ч	650	450
Длина, мм	31800	27200
Глубина очистки, мм	600	600
Производительность грохота, м ³ /с	800	550
Рабочая скорость, км/ч	1,0	1,0

Она имеет раму меньшей длины, которая также опирается на две двухосные тележки, имеющие гидростатический привод на все четыре оси. Над

передней тележкой размещают моторный отсек с дизельным двигателем мощностью 348 кВт. Дизель через гидромеханический привод приводит рабочее оборудование, которое включает выгребное устройство, вибрационный грохот, конвейер для удаления засорителей, поворотный складывающийся конвейер, распределительные транспортеры и устройство для очистки шпал, а также подъемно-рихтовочное устройство. Рабочие органы оснащают гидро- и пневмоприводом.

Гидрообъемный привод цепи выгребного устройства обеспечивает мощность, достигающую 200 кВт, что позволяет управлять линейной скоростью цепи в диапазоне от 2,4 до 4,0 м/с.

Для распределения очищенного щебня машину снабжают двумя поворотными конвейерами, расположенными по бокам машины, и шахтой для прямой подачи щебня из грохота.

Машину оснащают поперечной подпутной балкой меньшей длины, чем у машины RM-80. Перед началом работы поперечину цепи подают под РШР и соединяют с боковинами цепи и направляющими, после чего запускают привод цепи. Меньшая длина облегчает работу машины в стесненных условиях (в зоне платформ, у стрелочных переводов и т. п.).

Машину оборудуют подъемно-рихтовочным устройством для непрерывного вывешивания РШР, которое имеет такую же конструкцию, как и в машине RM-80.

Техническое обслуживание. Эти работы включают операции по очистке, визуальному контролю, пополнению расходуемых материалов, смазыванию и замене расходуемых средств, а также изношенных элементов рабочего и ходового оборудования. Операции выполняют в соответствии с требованиями по безопасности эксплуатации и рекомендациями по проведению технического обслуживания машин, представленными в инструкциях по эксплуатации производителя машин.

Очистку щебня осуществляют с помощью рабочих органов, которые подвергаются усталостному и коррозионному разрушению, а также интенсивному абразивному изнашиванию. К ним относятся выгребная цепь со скребками и зубьями, пробивщик шпальных ящиков, виброгрохот, конвейеры, плужные устройства и другие элементы.

В таблице 6.8 представлена схема основных операций техобслуживания машины и ее узлов.

Таблица 6.8 – Схема технического обслуживания машины RM-80 UHR

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов. Проверка охладителей

Окончание таблицы 6.8

Интервал	Вид работ
ЕТО ежедневно	Внешний осмотр и проверка: устройств безопасности (КЛУБ-УП или АЛСН), звуковой и световой сигнализации, средств радиосвязи, силовой установки, тормозной системы (в соответствии с инструкцией по эксплуатации тормозов СПС), ходового оборудования, рабочих органов, трансмиссии, гидро- и пневмосистем. Проверка: комплектности инструмента, запасных частей, сигнальных приборов и принадлежностей. Проверка расходимых средств: запаса топлива в двигателе, уровень рабочих жидкостей в двигателе и гидросистеме
ТО-1 через 50 часов работы	Выполнение всех операций ЕТО. Двигатель: замена масла и фильтров. Трансмиссия: проверка уровня масла в осевых редукторах, раздаточной коробке передач, пресс-масленках. Проверка и очистка воздушных фильтров. Силовая установка: натяжение клиновых ремней. Смазка рабочих органов: выбросного конвейера, цепного привода донного конвейера, ПРУ, выбросного и боковых транспортеров, подрезного ножа, виброгрохота, выгребной цепи, транспортерных лент, скребковых устройств
ТО-2 через 250 часов работы	Выполнение всех операций ТО-1. Тормоза: осмотр и смазка рычагов, тяг, шарнирных соединений; проверка и замена тормозных колодок и при необходимости их замена; проверка тормозных цилиндров. Проверка и осмотр рабочих органов: смазка по карте смазки; проверка и смазка элементов ПРУ, транспортеров, виброгрохота, выгребной цепи. Проверка и осмотр: двигателя, рамы с автосцепкой, колесных пар и тележек, гидросистемы, трансмиссии, электрооборудования. Проверка исправности комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ УП
ТО-3 через 500 часов работы	Выполнение всех операций ТО-2. Смазка машины в соответствии с картой смазки. Проверка и осмотр: металлоконструкций рамы, колесных пар, тормозной системы (в соответствии с инструкцией по эксплуатации тормозов СПС), воздушной сушилки Wabco, трансмиссии, электрооборудования. Осмотр двигателя: замена масла и фильтров (в том числе топливных фильтров грубой и тонкой очистки), очистка радиаторов охлаждения масла, проверка приборов контроля за работой двигателя. Проверка исправности комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ УП

6.2.2 Состав для перевозки засорителей MFS-240 (МФС-240)

Состав МФС-240 относят к несамоходному вспомогательному составу и используют для вывоза с места работы и перевозки засорителей, щебня, а также других сыпучих материалов в специализированные пункты их восстановления, утилизации или хранения. Он состоит из трех вагонов-бункеров, каждый из которых включает два вагона-платформы (цифра 240 означает общую вместимость состава, м³). На рисунке 6.25 представлена схема вагона-бункера, который содержит две типовых четырехосных платформы 4, сцепленных между собой, дизельный двигатель 8 с механическими передачами и гидрооборудованием, транспортирующие конвейеры, а также на обоих концах автосцепки 2. Характеристики вагона-бункера приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Технические характеристики состава для перевозки щебня и засорителя

Параметр	MFS-240 (МФС-240)
Мощность, кВт	200
Длина по буферам, мм	29240
Ширина, мм	~3000
Высота над головкой рельса, мм	4252
Общая масса, т	72
Вместимость бункера, м ³	80
Ширина лент транспортеров, мм	2000
Диапазон поворота поворотного конвейера, град	±43
Вместимость бака для топлива, л	700

Вагон оснащают дизельной силовой установкой мощностью 200 кВт, обеспечивающей привод всех транспортирующих машин и элементов рабочего оборудования.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. После щебнеочистительной машины вырезанный материал (засоритель или щебень) из транспортера 1 этой машины (см. рисунок 6.25) попадает в вагон с установленным на дне ленточным транспортером 3, который обеспечивает равномерную загрузку вагона и транспортирование материала из вагона. Раму транспортера устанавливают на подпятниках с возможностью перемещения переднего подпятника на подвижных салазках.

Щебень подают в заднюю часть вагона, далее по мере его накопления транспортер передвигают вперед на салазках и разгружают засоритель в свободную зону бункера. Ленточный донный конвейер-накопитель 3 используют для равномерной загрузки сыпучим материалом вагона-бункера. Его приводят от дизеля 8 через редуктор и гидромотор от барабана 6. Загрузку осуществляют в режиме ручного управления. Равномерность распределения материала без перегрузки конвейера контролируют с пульта дистанционного управления его работой.

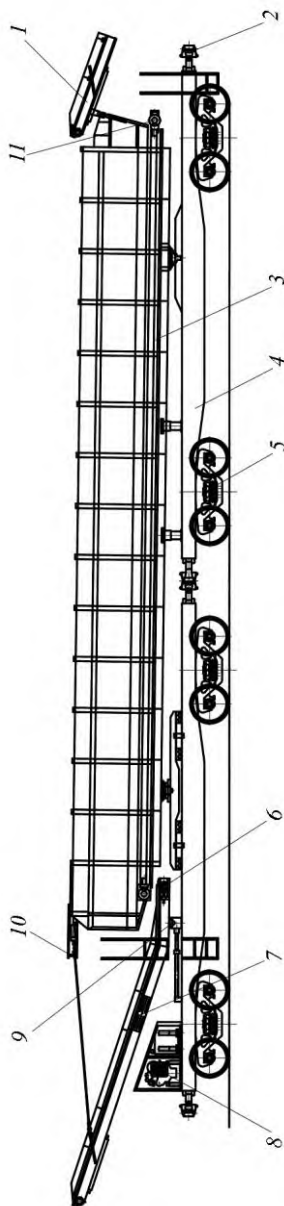


Рисунок 6.25 – Вагон-бункер состава MFS-240 (МФС-240):

- 1 – поворотный транспортер щебнеочистительной машины; 2 – автосцепка; 3 – донный ленточный транспортер; 4 – платформа;
- 5 – ходовая тележка; 6 – приводной барабан транспортера; 7 – передаточно-поворотный транспортер;
- 8 – дизельный двигатель с раздаточной коробкой передач и гидросистемой; 9 – гидроцилиндр опорно-поворотного устройства;
- 10 – стяжка транспортная; 11 – приводной барабан донного транспортера

После заполнения вагона материал с помощью транспортера 3 направляют на транспортер 7 и далее в следующий вагон. При наличии нескольких вагонов-бункеров вначале загружают передний вагон, а остальные вагоны выполняют функции конвейерной линии и заполняются по мере их загрузки последовательно от первого вагона и далее.

При разгрузке вагона используют оба транспортера: транспортируемый материал передают через отверстие между транспортером 3 и нижней кромкой торцевой стенки на поворотный транспортер 7. Разгрузку вагона производят различными методами: во-первых, на подходящие для этого участки обочины вдоль пути; во-вторых, в отвал или в вагоны подвижного состава, находящегося на соседних путях.

Конвейер 7 устанавливают на опорно-поворотном круге и обеспечивают его поворот в обе стороны (от продольной оси машины) гидроцилиндром 9. Для реализации поворота транспортер поднимают из положения блокировки с помощью гидроцилиндра (на рисунке 6.25 не указан), которым захватывают два троса стяжки 10.

Вагоны МФС стараются разгружать без задержки, поскольку при длительном хранении происходит уплотнение и даже затвердевание увлажненного материала, что усложняет его разгрузку и может привести к повреждению оборудования транспортеров.

Техническое обслуживание включает традиционные операции по очистке, визуальному контролю, пополнению расходуемых материалов, смазыванию и замене расходуемых средств, а также изношенных элементов рабочего и ходового оборудования. Оно учитывает специфику конструкции рабочих органов и технологии путевых работ. Эти операции выполняют в соответствии с требованиями по безопасности эксплуатации и рекомендациями по проведению технического обслуживания машин, представленными в инструкциях по эксплуатации производителя машин компании «Plasser & Theurer».

Перечень работ по приведенным видам технического обслуживания представлен в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Схема технического обслуживания вагона-бункера MFS-240

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов. Проверка охладителей
ЕТО ежедневно	Проверка расходуемых средств: запаса топлива и уровня рабочих жидкостей в силовой установке, гидро- и пневмосистемах. Проверка состояния: силовой установки, трансмиссии, ходовой системы, рабочих органов и передаточных транспортеров

Окончание таблицы 6.10

Интервал	Вид работ
ТО-1 через 50 моточасов	Выполнить все операции ЕТО. Проверка: комплектности инструмента, принадлежностей, оборудования. Осмотр и проверка: бункера и опорно-центрирующих площадок, колесных пар и тележек, рабочих органов (смазка приводов, цепей и опор передаточных транспортеров по карте смазки), электрооборудования (натяжения ремней генератора, уровня электролита в аккумуляторных батареях, исправности световой и звуковой сигнализации), гидро- и пневмосистем
ТО-2 через 250 моточасов	Выполнить все операции ТО-1. Осмотр и проверка: автосцепки (креплений ударно-тяговых устройств и других подвижных элементов), тормозов (тормозных колодок, ручного тормоза, смазывания тормозных рычагов), гидросистемы (проверка герметичности системы, фильтрующих элементов, трубопроводов и их соединений), электрооборудования (проверка креплений и состояния электропроводки, аккумуляторной батареи; проверка освещения и сигнализации), силовой установки (очистка центробежного масляного фильтра, радиатора охлаждения, проверка исправности приборов контроля). Рабочие органы: очистка и смазка направляющих опор транспортеров, блокировочных и запорных приспособлений; проверка состояния транспортеров и их тросовых креплений. Смазка машины: в соответствии с картой смазки. Проверка: работы двигателя, приборов управления тормозами и рабочих органов (после устранения неисправностей)
ТО-3 через 500 моточасов	Выполнить все операции ТО-2. Металлоконструкции бункера: осмотр бункера, осмотр шкворневой балки, осмотр лобового бруса Тормозная система: проверка воздухораспределителя и обратных клапанов. Рабочие органы: проверка состояния элементов транспортеров (лент транспортеров, цепей, скребков, тросов, натяжных устройств) и бункеров, проверка исправности гидромоторов привода конвейеров. Электрооборудование: проверка аккумуляторных батарей, электрических машин и аппаратов. Силовая установка: замена моторного масла, проверка топливных фильтров, очистка радиаторов охлаждения, проверка исправности приборов контроля за работой двигателя

6.3 Эксплуатация и обслуживание машин для ремонта земляного полотна

Для ремонта, восстановления и содержания земляного полотна, которое является основанием железнодорожного пути, используют различные машины. Во-первых, применяют машины для земляных работ на гусеничном и пневмоколесном ходовом оборудовании (бульдозеры, автогрейдеры, скреперы и экскаваторы), информацию о которых можно получить в учебниках [9, 11]; во-вторых, используют специализированные путевые машины (уборочные и кюветно-очистительные машины, путевые струги и др.).

6.3.1 Самоходный землеуборочный поезд СЗП-600Р

Поезд СЗП-600Р включает базовую машину СЗП-600Р, наименование которой зафиксировано в названии комплекса. Базовую несамоходную машину транспортируют тяговым модулем. Она имеет раму 27 (рисунок 6.26), которую устанавливают на двух трехосных ходовых тележках 29. Машину оснащают рабочим (ротор и плуги) и вспомогательным (конвейеры) оборудованием для проведения различных земляных работ.

К основному рабочему органу относят многоковшовый ротор продольного копания 14, который устанавливают на стреле 9, шарнирно закрепленной на поворотной клетке 5 с возможностью наклона и поворота. Его оснащают основным 8, очистным 26 и выбросным 1 конвейерами.

Машину снабжают также дополнительным рабочим оборудованием: двумя плугами 21, расположенными по обе стороны машины в главной раме 27 и оснащенными шарнирно-рычажной системой их позиционирования и перемещения в рабочее и транспортное положения.

Управление рабочим процессом осуществляют из кабины 15. Привод рабочего и вспомогательного оборудования машины осуществляют от дизель-электрического силового агрегата тягового модуля через электродвигатели (модуля), которые в свою очередь приводят насосы гидростанции 16, установленные на машине.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Землеуборочный поезд выполняет ряд работ, в числе которых нарезка, восстановление и очистка кюветов и траншей, планировка траншей и откосов земляного полотна, а также транспортирование вырезанного грунта.

Состав комплекса зависит от режима эксплуатации. В транспортном режиме поезд содержит универсальный тяговый модуль УТМ-1, базовую машину СЗП-600Р и вагон прикрытия ВП-1 для обслуживающего персонала. В рабочем режиме разработки грунта поезд дополняют подвижным составом для вывоза разработанного грунта (рисунок 6.27).

В рабочем режиме (см. рисунок 6.26) рабочие органы могут работать совместно или каждый по отдельности. При работе ротора выбираемый грунт перемещают основным конвейером 8 на выбросной конвейер 1 и далее на состав для засорителей или в отвал. Очистной конвейер используют для перемещения осыпавшегося грунта в траншею (к ротору) во избежание загрязнения пути и машины.

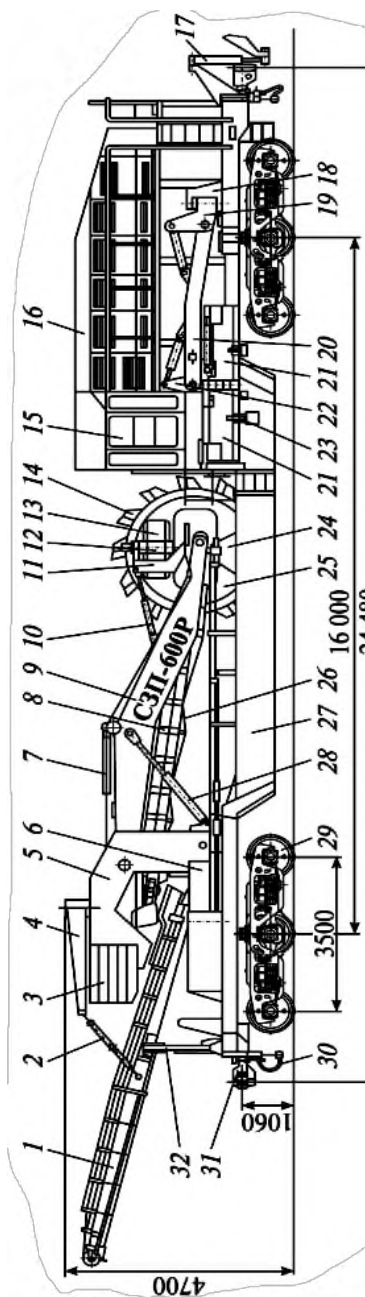


Рисунок 6.26 – Машина СЗП-600Р:

- 1, 8 и 26 – разгрузочный, основной и очистной конвейеры; 2 – поворотная клеть; 6 – основание клетки;
 3 – противовес; 4 – поворотная укосина; 5 – поворотная клеть; 6 – основание клетки;
 7 – механизм поворота ротора в плане; 9 – стрела; 10 – гидроцилиндр наклона ротора;
 11, 13 – кронштейны наклона и закрепления рамы ротора; 12 – ось горизонтального поворота ротора; 14 – многоковшовый ротор;
 15 – кабина управления; 16 – отсек насосной станции и аппаратов управления; 17 – опорный механизм; 18 – кронштейн;
 19 – корневая часть; 20 – балка; 21 – отвалы плуга; 22 – поворотный кронштейн плуга; 23 – транспортные упоры плуга;
 24, 32 – опорный кронштейн ротора; 25 – рама ротора; 27 – рама машины; 28 – гидроцилиндры наклона стрелы ротора;
 29 – ходовая тележка; 30 – тормозная система; 31 – автосцепка

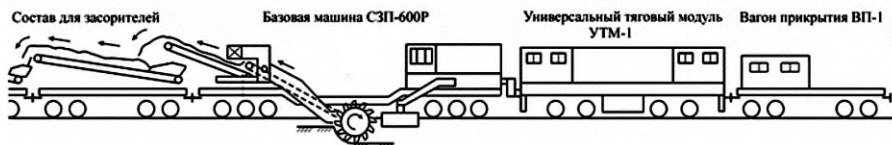


Рисунок 6.27 – Схема землеуборочного поезда

Основным рабочим органом машины является (см. рисунок 1.26) многоковшовый ротор 14, имеющий двенадцать ковшей. Его снабжают стрелой 9 с основным конвейером 8 и механизмами поворота и наклона. Мощность привода ротора составляет 55 кВт.

Более подробно система управления ротором и вспомогательными механизмами представлена на рисунке 6.28. Ротор 7 подвешивают на стреле 5 через гидроцилиндры 2, 6 и полиспасты 4, 11, 12, что позволяет управлять положением ротора (отклонение от продольной оси на угол $\pm 90^\circ$). Всё это обеспечивает широкие возможности регулирования параметров копания грунта ковшами (подачи и толщины срезаемого слоя, глубины и угла резания, перекося и др.). При этом скорость движения и число проходов машины зависят от категории грунта и объема земляных работ.

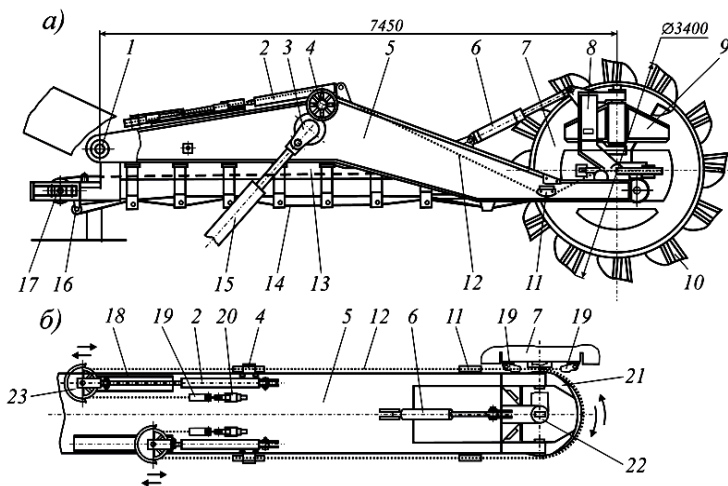


Рисунок 6.28 – Роторный рабочий орган машины СЗП-600Р:

а – вид сбоку; б – механизм поворота ротора в плане;

- 1 – ось крепления стрелы; 2 и 6 – гидроцилиндры поворота в плане и наклона ротора;
- 3 – кронштейны крепления гидроцилиндров 15 на стреле; 4, 11, 21 и 23 – блоки и направляющие канатов механизма поворота ротора в плане; 5 – стрела; 7 – рама ротора;
- 8 и 9 – кронштейны наклона и крепления рамы ротора; 10 – многоковшовый ротор;
- 12 – канаты; 13 и 14 – основной и очистной конвейеры; 15 – гидроцилиндры наклона стрелы;
- 16 и 17 – приводные барабаны очистного и основного конвейеров; 18 – направляющие;
- 19 – коуши; 20 – натяжные устройства; 22 – ось поворота ротора в плане

Каждый из плугов, смонтированных по обе стороны машины, состоит из двух отвалов, шарнирно соединенных между собой и управляемых гидроцилиндрами. Такая конструкция позволяет формировать необходимый профиль поверхности, устанавливая заданный угол наклона отвалов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также высоту и вылет плугов в целом.

Окружная скорость ротора (диаметром более 3,4 м) превышает 2 м/с, а усилие резания ковша составляет более 20 кПа. В этих условиях режущие кромки и боковые стенки ковшей, разрабатывающие грунт, подвергаются абразивному износу. Интенсивность и скорость изнашивания ковшей зависят от прочности и плотности грунта: ротором производят земляные работы на грунтах I–III категорий (а также на отдельных грунтах IV и V категорий) трудности разработки.

Таким образом, в машине имеются как активные, так и пассивные рабочие органы, которые подвергаются абразивному воздействию частиц грунта различной степени интенсивности. Помимо этого, силовые нагрузки различного типа (статические, динамические, ударные и знакопеременные) вызывают развитие в агрегатах и системах машины усталостных процессов накопления повреждений и последующего разрушения.

6.3.2 Кюветно-траншейная машина МКТ

Кюветно-траншейная машина МКТ используется для тех же земляных работ, что и СЗП-600Р, поскольку эти машины имеют схожие конструкции агрегатов и узлов, в том числе рабочих органов. Она также является самоходной и работает совместно с тяговым модулем и подвижным составом для перевозки засорителей, но без вагона прикрытия из-за конструктивных особенностей машины. Экипажную часть машины устанавливают на раме 38 (рисунок 6.29), опирающейся на двухосную 39 и трехосную 14 ходовые тележки.

Машину оснащают рабочим и вспомогательным оборудованием. Рабочее оборудование машины включает многоковшовый ротор продольного копания 2 с ковшами 3, установленный на стреле 10, а также два планировочных плуга 27, расположенные по обе стороны машины. Вспомогательное оборудование состоит из системы конвейеров (поперечного промежуточного 5, основного 31, очистного 32 и поворотного разгрузочного 18).

Привод рабочих органов машины осуществляют от тягового модуля. Ротор 2 представляет собой колесо, состоящее из соединенных между собой двух дисков с закрепленными на них ковшами 3, которое опирается на четыре пары катков, установленных на раме ротора. Ротор имеет электромеханический привод от силовой установки модуля через электрическую передачу, карданный вал, одноступенчатый конический редуктор и открытую цилиндрическую передачу 37 (напомним, что машина СЗН-600Р имеет гидромеханический привод ротора через гидрообъемную передачу). Электродвигатель и редуктор устанавливают на раме 5 ротора, а венец открытой зубчатой передачи – на наружном диске роторного колеса.

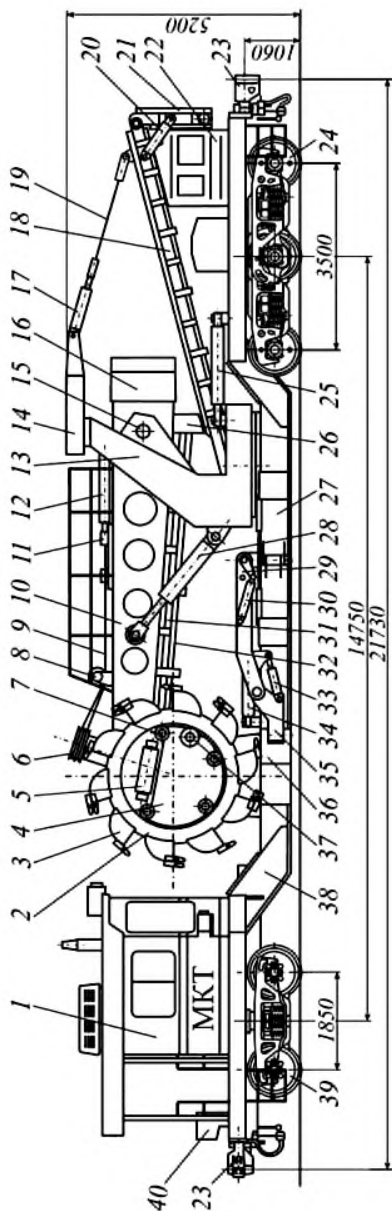


Рисунок 6.29 – Кюветно-траншейная машина МКТ:

- 1 – кабина управления; 2, 3 – ротор, ковш; 4 – рама ротора; 5 – конвейер разгрузки;
6 – механизм поворота ротора в плане; 7 – направляющий ролик; 8 – отклоняющий блок;
9 – канаты; 10 – стрела; 11 и 12 – направляющие и гидроцилиндры привода поворота ротора; 13 – клетки;
14 – укосина; 15 – ось крепления стрелы; 16 – противовес;
17 и 19 – гидроцилиндр и подвеска разгрузочного конвейера; 18, 31 и 32 – разгрузочный, основной и очистной конвейеры;
20 и 21 – гидроцилиндр и поворотная секция разгрузочного конвейера; 22 – опора разгрузочного конвейера; 23 – автосцепки;
24 и 39 – трехосная ходовые тележки с механизмом блокировки рессор; 25 – гидроцилиндр поворота клетки;
26 – отбойник грунта; 27 – отвал планировочного пути; 28 – гидроцилиндр изменения наклона стрелы; 29 – балка;
30 и 33 – гидроцилиндры наклона отвалов и балки; 34 – гидроцилиндр поворота балки в плане; 35 и 36 – корневой и опорный кронштейны пути; 37 – обогатяющая шестерня привода вращения ротора; 38 – рама машины; 40 – блок соединительных розеток

Позиционирование рабочих органов осуществляют с помощью гидроцилиндров. Положение ковшового ротора 2 можно изменять в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также поворачивать относительно продольной оси машины на угол $\pm 90^\circ$ соответствующими гидроцилиндрами. Положением планировочных плугов 27, установленных по обе стороны машины, управляют с помощью гидроцилиндров 30. Положение конвейеров 31, 18 и 32 также регулируют с помощью соответствующих гидроцилиндров.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Рабочие органы МКТ обеспечивают нарезку и очистку кюветов, очистку, углубление, расширение и планировку траншей, а также ряд других земляных работ с грунтами I–III категорий трудности разработки. В зависимости от технологии путевых работ разработанный грунт грузят в состав для засорителей или укладывают на обочину земляного полотна.

В рабочем режиме с помощью гидроцилиндров и сопутствующих механизмов устанавливают требуемый вылет ротора от оси пути, заданный профиль и глубину резания. Затем ковшами 3 ротора производят вырезку материала и подают его через промежуточный поперечный конвейер 5 на основной конвейер 31, который передает материал на поворотный разгрузочный конвейер 18. Осыпавшийся грунт (не попавший на основной конвейер) сбрасывают очистным конвейером 32 в траншею к ротору, предотвращая загрязнение пути и машины.

Поворотный конвейер производит погрузку вырезанного материала в состав для засорителей, сцепленный с машиной со стороны поворотного конвейера, или в состав думпкаров, стоящий на соседнем пути. Как вариант, с его помощью производят выгрузку на сторону (на откос земляного полотна). Конвейер 18 может поворачиваться в плане и в вертикальной плоскости гидроцилиндром 17, он имеет концевую секцию 21, которую поднимают в рабочее и опускают в транспортное положение гидроцилиндрами 20. Это исключает применение вагона прикрытия.

В транспортном положении ротор крепят винтовыми стяжками к стойке транспортной опоры стрелы, установленной на платформе машины.

Плугами 15 осуществляют с двух сторон отделку откоса балластной призмы, земляного полотна или междупутья. Системой гидроцилиндров плуг устанавливают в положение, обеспечивающее заданный профиль и глубину резания.

МКТ имеет эксплуатационную массу, составляющую 95 т, что существенно меньше аналогичной характеристики машины СЗП-600Р (104 т). Меньшие габариты машины отражаются на ее производительности, которая ниже, чем у СЗП-600Р. Характеристики машин приведены в таблице 6.11.

Таблица 6.11 – Технические характеристики машин для нарезки грунта и ремонта водоотводных устройств

Параметр	СЗП-600Р	МКТ
Производительность ротора, м ³ /ч	280	230
Заглубление ротора от уровня верха головки рельса, м	2,5	2,45
Вылет ротора от оси пути, м	7,8	8,4
Заглубление плуга от уровня верха головки рельса, м	1,2	1,62
Вылет плуга от оси пути, м	5,5	–
Скорость, км/ч: – рабочая – транспортная	0,3–3,0 80,0	0,1–10,0 90,0
Общая масса, т	104	95
Длина, мм	24480	21730

Техническое обслуживание машин для ремонта земляного полотна.

Техобслуживание российских машин, составляющих основу отечественного парка путевых машин для земляных работ, включает набор обязательных операций по очистке, визуальному контролю, пополнению расходуемых материалов, смазыванию и замене расходуемых средств, а также замене при необходимости изношенных элементов рабочего и ходового оборудования.

Земляные работы являются весьма трудоемкими, оказывают существенное влияние на все составные части машины, особенно на рабочие органы, взаимодействующие с грунтом (абразивной средой). Интенсивность взаимодействия с грунтом и, как следствие, интенсивность изнашивания рабочих поверхностей зависит от вида рабочего органа.

Активные органы (катки и ковши ротора и др.) подвергаются наиболее интенсивному изнашиванию, в меньшей степени – пассивные органы (ленты конвейера, крылья отвалов и др.). Остальные узлы, агрегаты и конструкции машины подвергаются усталостному разрушению. В их числе приводы и узлы ротора и транспортеров, элементы крепежа (подвеска стрелы, поворотный конвейер, опорно-поворотное устройство, шарниры крыльев).

Соответственно, для обеспечения работоспособности машин для ремонта земляного полотна проводят различные виды техобслуживания. В их числе внешний осмотр, очистка деталей и узлов, смазывание машины в соответствии с картой смазки, проверка крепежа деталей и узлов, проверка исправности силовой установки, приводов, рабочих органов, ходового оборудования, тормозной системы, автосцепных устройств, систем управления и безопасности. При необходимости негодные детали и соединения меняют, а также осуществляют регулировку и наладку отдельных узлов и механизмов.

В таблице 6.12 представлен перечень основных работ по приведенным видам техобслуживания, которые выполняют в соответствии с требованиями

ми по безопасности эксплуатации и рекомендациями по проведению техобслуживания машин, представленными в инструкциях по эксплуатации производителя машин.

Таблица 6.12 – Схема технического обслуживания машин для ремонта земляного полотна

Интервал	Вид работ
В промежутках: периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов. Проверка охладителей
ЕТО ежедневно	Очистка машины от остатков вырезанного материала. Смазка узлов в соответствии с картой смазки. Наружный осмотр: колесных пар, букс, рессорного подвешивания, автосцепных устройств, электрооборудования. Проверка состояния и исправности: пневматической и тормозной систем; гидрооборудования (гидроцилиндров, рукавов высокого давления и др.), контрольно-измерительных приборов. Проверка рабочих органов: целостности лент и роликов конвейеров, натяжения лент; состояния ротора (катков, зубчатых реек, ведущей звездочки, ковшей); тросов механизма поворота и подвески поворотного конвейера; крепежа подвески стрелы и опорно-поворотного устройства; крепежа шарниров крыльев; транспортных запоров
ТО-2 (15 км обработанного пути)	Выполнение всех операций ЕТО. Трансмиссия: проверка уровня смазки в редукторах ротора и мотор-барабанах, пополнение крепежных деталей. Рабочее оборудование: замена изношенных зубьев ковшей, ведущей звездочки и катков ротора Тормоза: проверка исправности предохранительных устройств, штоков тормозных цилиндров, замена изношенных тормозных колодок, смена кранов управления, опробование и обслуживание тормозов в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации тормозов специального подвижного состава». Электрооборудование: проверка состояния соединений, элементов и устройств. Гидросистема: проверка и при необходимости замена уплотнителей гидроцилиндров, рукавов высокого давления
ТО-3 (45 км обработанного пути)	Выполнение всех операций ТО-2. Проверка технического состояния: гидромоторов, гидронасосов, мотор-барабанов и других комплектующих изделий в соответствии с руководством по эксплуатации на эти изделия. Рабочее оборудование: замена масла в мотор-барабанах приводов конвейеров и редукторах ротора; замена уплотнений и регулировка подшипников; замена изношенных лент конвейеров, роликов и натяжных устройств; замена ковшей, ведущей звездочки и зубчатых реек ротора

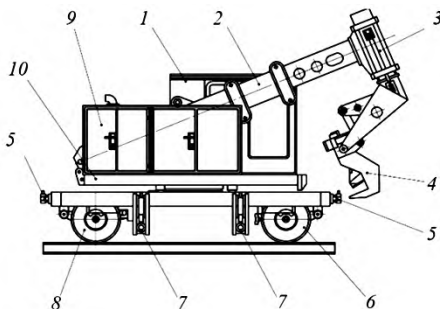
6.4 Эксплуатация и обслуживание машин для текущего содержания пути

Самоходные машины SVP-74 словацкого производства широко используют на Белорусской железной дороге (их на дороге более 20 единиц). Их основное назначение – смена деревянных и железобетонных шпал. Кроме того, наличие сменных рабочих органов обеспечивает помимо основного назначения возможность проведения ряда профилировочных, земляных и погрузочно-разгрузочных работ.

Машина (рисунок 6.30) имеет небольшие габариты. Ее основная рама, состоящая из двух продольных и двух поперечных балок, опирается на две пары колес: ведущую 8 с гидрообъемным приводом через осевой редуктор и поддерживающую 6. На раме размещают поворотный круг, на котором устанавливают поворотную платформу 10 с кабиной управления 1, силовой установкой 9 с трансмиссией и рабочим оборудованием 2–4, в задней части платформы – противовес, аккумуляторные батареи, шкаф с оснасткой и проч. На торцах рамы располагают автосцепные устройства 5 для присоединения прицепных вагонов. Снизу устанавливают гидравлические захваты 7, которыми машину крепят к рельсам в рабочем режиме.

Рисунок 6.30 – Машина для смены шпал:

- 1 – кабина управления;
- 2 – стрела телескопическая;
- 3 – гидромотор;
- 4 – грейферный шпалозахват;
- 5 – сцепные устройства; 6 – поддерживающая колесная пара;
- 7 – аутригеры; 8 – ведущая колесная пара;
- 9 – силовая установка; 10 – поворотная платформа



Технические характеристики машины приведены в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Технические характеристики машины для одиночной смены шпал

Параметр	Значение
Мощность силовой установки, кВт	72
Рабочая скорость, км/ч	18
Максимальная поездная нагрузка, т	30
Длина, мм	5900
Общая масса, т	13,75
Длина сменяемых шпал, м	От 2,3 до 2,7
Время выемки/установки одной шпалы, с	45/30
Производительность, м ³ /ч:	
– с ковшем обратной лопаты	55
– с погрузочным ковшом	70
– с грейфером	55

Привод различных агрегатов и систем машины (гидронасосов, электрогенератора, компрессора и др.) осуществляют через распределительные механизмы от дизельного двигателя мощностью 72 кВт (при частоте вращения 2200 мин⁻¹).

Основным рабочим органом является устройство для смены шпал (см. рисунок 6.30), которое включает телескопическую стрелу 2 с двухчелюстным грейфером 4 для захвата шпалы. Для управления рабочим органом используют объемный гидропривод. Выдвижение внутренней части стрелы, ее подъем-опускание и позиционирование грейфера осуществляют с помощью гидроцилиндров, поворот головки грейфера вокруг оси – гидромотором 3.

Гидросистема базовой машины состоит из трех контуров, которые обеспечивают привод хода и привод рабочих органов, а также защиту гидросистемы (аварийный контур).

Контур привода хода включает насос, гидромотор, распределительную и управляющую аппаратуру. Привод осуществляют гидромотором постоянной производительности от реверсивного регулируемого насоса. Для привода используют закрытую гидросхему с использованием насоса подпитки, установленного непосредственно на основном насосе. Регулирование скорости движения машины осуществляют от гидроцилиндра переключения коробки передач через гидрораспределитель с электрическим управлением. Давление рабочей жидкости в контуре зависит от нагрузки – максимальное давление составляет 30 МПа.

Контур привода рабочих органов включает насос, гидромотор, гидроцилиндры, распределительные и управляющие устройства, быстроразъемные соединения для смены рабочего оборудования, которые предоставляют возможность быстрого и безопасного подключения сменного рабочего органа к гидросистеме базовой машины. Для обеспечения безопасности эксплуатации используют гидрозамки, а также перепускные клапаны для реализации заданных значений давления рабочей жидкости (16 МПа).

Привод механизма поворота поворотной платформы осуществляют гидромотором от регулируемого насоса через гидрораспределитель с электромагнитным управлением.

Аварийный контур предназначен для обеспечения безопасности эксплуатации в случае возникновения отказа ДВС или гидронасоса. Для перевода машины и ее рабочего оборудования из рабочего в транспортное положение (подъем стрелы, поворот платформы в направлении железнодорожного пути, подъем гидравлических прижимов) имеется ручной насос и возможность ручного управления отдельными секциями гидрораспределителя.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Помимо основного оборудования для смены одиночных шпал машину оснащают дополнительными сменными рабочими органами: устройством для зем-

ляных работ, погрузочным оборудованием, буровой головкой, роторной косилкой, режущим устройством для срезания древесных пород и др.

В период летних путевых работ кроме замены шпал с применением сменной техники производят вырезку и уборку загрязненного балласта, подсыпку новым щебнем при смене стрелочных переводов, уборку валов на междупутьях станций после прохождения щебнеочистительной машины, окашивание бровки насыпи пути и земляного полотна от сорной растительности.

Основное устройство машины для смены одиночных шпал (рисунок 6.31) состоит из двухсекционной телескопической стрелы, содержащей основную 2 и выдвижную 3 секции, шпалозахватного устройства, включающего рычажную систему 5 и грейфер 7, а также гидросистемы. Гидросистема содержит несколько гидроцилиндров для позиционирования рабочего оборудования и гидромотор 4 для реализации осевого вращения грейфера. Гидроцилиндры обеспечивают выдвижение секции стрелы, ее подъем-опускание, наклон грейфера и сжатие-разжатие его челюстей. Гидроцилиндры стрелы и грейфера оснащают гидрозамками во избежание падения давления в цилиндрах. Гидромотором 4 производят поворот грейфера вокруг оси с дроссельным управлением параметров вращения. Освобожденную шпалу закрепляют шпалозахватом 7 за ее торец и вынимают из шпального ящика одним ходом телескопической стрелы, управляя положением шпалы с помощью гидроцилиндров и гидромотора.

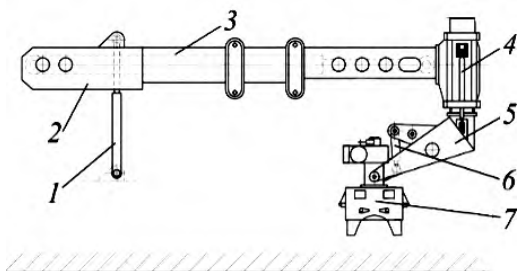


Рисунок 6.31 – Устройство для смены шпал:
1 – стойка; 2 – основная секция стрелы; 3 – выдвижная секция стрелы; 4 – гидромотор поворота грейфера;
5 – рычаг управления захватом; 6 – гидроцилиндр; 7 – грейфер

Дополнительное сменное устройство для земляных работ предназначено для проведения ремонта земляного полотна, а также для погрузки материала в прицепные тележки. Оно включает погрузочный ковш, «обратную» и «прямую» лопаты и поворотный отвал. Сменные рабочие органы устанавливают на раму базовой машины через основной кронштейн.

Для погрузки сыпучих материалов, очистки и углубления дренажных каналов используют погрузочный ковш вместимостью 0,4 м³. Для копания каналов, траншей и ям применяют «обратную» лопату, вместимость которой составляет 0,26 м³. «Прямой» лопатой шириной 270 мм копают траншеи и производят дренаж заболоченных стыков, а поворотным отвалом профилируют балласт и заравнивают банкеты.

Дополнительное погрузочно-разгрузочное устройство используют для погрузки различных видов материалов с помощью двухчелюстного грейфера и вилочного погрузчика, также для перевозки этих материалов. Грейфером вырезают загрязненный балласт и подсыпают новый щебень.

Помимо описанных рабочих органов машину оснащают устройствами с вращательным и реверсивным движением рабочего оборудования:

- лопастным буром диаметром до 500 мм;
- косилкой с плосковращательным режущим аппаратом для устранения растительности диаметром до 25 мм и с шириной захвата 1330 мм;
- режущим аппаратом возвратно-поступательного действия с частотой колебаний 50–65 Гц для срезания древесных пород диаметром до 100 мм.

На рисунке 6.32 представлены схемы сменного рабочего оборудования с активными рабочими органами (лопастным буром и косилкой).

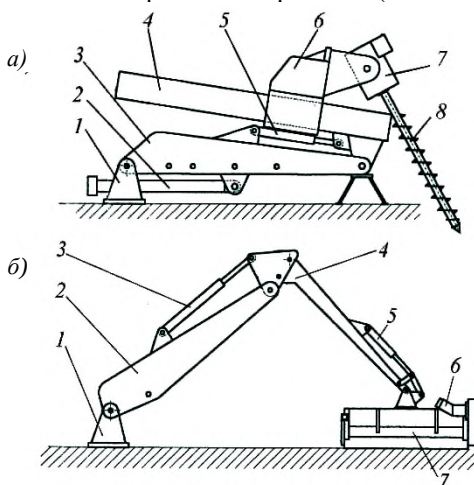


Рисунок 6.32 – Сменные рабочие органы:

а – лопастного бура:

- 1 – кронштейн; 2 – гидроцилиндр управления стрелой; 3 – основная часть стрелы; 4 – направляющая; 5 – гидроцилиндр управления положением бура; 6 – держатель; 7 – суппорт; 8 – бур;

б – косилки:

- 1 – кронштейн; 2 – основная часть стрелы; 3 – гидроцилиндр управления стрелой; 4 – дополнительная часть стрелы; 5 – гидроцилиндр управления косилкой; 6 – гидромотор; 7 – косилка

Сменные устройства крепят к основному кронштейну и с помощью муфт быстрого действия присоединяют к шлангам гидросистемы машины. Позиционирование рабочих органов осуществляют с помощью силовых гидроцилиндров, а передачу вращательного движения элементам рабочего оборудования производят с помощью гидромоторов гидросистемы машины.

Путевые работы с помощью машины проводят на главном пути в промежутках между поездами в «окно» или на закрытом станционном пути. Машина может работать на двухпутном участке при ширине междупутья не менее 4100 мм. Для эффективной работы машины обслуживающий персонал должен включать, помимо машиниста и его помощника, шесть монтажников пути и двух сигнальщиков. Кроме того, необходим инструмент для замены железобетонных или деревянных шпал.

Техническое обслуживание. При приемке машины осуществляют проверку всех систем и агрегатов. В том числе проверяют комплектность машины в соответствии с инструкцией по эксплуатации, проводят внешний осмотр машины и контроль качества защитно-декоративной окраски, проверяют герметичность гидро- и пневмосистем, проверяют разъемные соединения, ход машины при рабочих и транспортных скоростях, функциональное состояние системы управления, наличие рабочих жидкостей в агрегатах машины и т. п.

Техническое обслуживание включает традиционные операции по очистке, визуальному контролю, смазыванию узлов и агрегатов, пополнению и замене расходных средств, а также изношенных элементов рабочего и ходового оборудования. Оно также учитывает специфику конструкции рабочих органов машины и особенности технологии путевых работ. Работы по техобслуживанию выполняют в полном соответствии с рекомендациями, представленными в инструкциях по эксплуатации производителя машин.

Основой надежной эксплуатации машины является ежедневное техобслуживание, которое выполняют перед началом работы (или в течение смены). В его составе внешний осмотр, очистка от загрязнений, проверка крепёжных соединений, проверка исправности силовой установки и приводов механизмов, рабочих органов, ходового оборудования (колесных пар, буксовых узлов, осевых редукторов) и тормозной системы, автосцепных устройств, кранового оборудования, гидро- и пневмосистем, систем управления и безопасности, а также проведение смазки узлов и агрегатов машины в соответствии с картой смазки.

В состав периодического обслуживания входят профилактические работы, регламентированные эксплуатационной документацией.

В таблице 6.14 представлен краткий перечень основных работ по техобслуживанию машины.

Таблица 6.14 – Схема технического обслуживания машины SVP-74

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов
ЕТО ежедневно	Внешний осмотр и очистка машины. Проверка расходных средств: уровня топлива и рабочих жидкостей в двигателе, в гидросистеме. Осмотр: систем двигателя и трансмиссии, тормозов, ходового оборудования и автосцепного устройства, рабочего оборудования, гидро- и пневмосистем, звуковой и световой сигнализации, средств радиосвязи. Проверка: комплектности инструмента, запасных частей, сигнальных приборов и принадлежностей. Проверка функционирования: двигателя, компрессора, гидронасоса и их составных частей

Окончание таблицы 6.14

Интервал	Вид работ
ТО-1 через 100 часов работы	Выполнение всех операций ЕТО. Проверка исправности сигнальных и контрольных приборов систем безопасности и управления. Проверка: состояния двигателя (в соответствии с руководством по его техобслуживанию), рамы и ходовой части, тормозной системы; герметичности и креплений в пневмо- и гидросистемах,. Контроль состояния рабочих органов: смазывание рабочих устройств и их соединений, проверка состояния телескопической стрелы и гидрозажимов оборудования для смены шпал, клиновых ремней и ротора косильного аппарата, гидроцилиндров экскаваторного оборудования, гидромотора привода бурового устройства и др. Проверка: состояния и натяжения клиновых ремней привода компрессора, вентилятора и генератора переменного тока. Смазывание агрегатов и узлов машины по карте смазки
ТО-2 через 400	Выполнение всех операций ТО-1. Проверка: крепления двигателя, компрессора, генератора электростанции, гидропередачи, реверса и других агрегатов, установленных на раме. Осмотр и контроль состояния двигателя, колесных пар и тележек, тормозной системы, гидросистемы, трансмиссии, электрооборудования. Проверка и смазка рабочих органов: проверка привода бура, подвески ящика щетки, опорной оси планировочного плуга, исправности блокировочных и запорных приспособлений и механизмов; смазка по карте смазки. Проверка функционирования силовой установки: проверка. исправности приборов эксплуатационного контроля за работой двигателя, топливных фильтров, герметичности уплотнений фильтрующего элемента.

6.5 Эксплуатация и обслуживание машин для подготовительных и уборочных работ

Путевая машина COMPELVAC 500 RD словацкой компании «Compel Rail» представляет собой вакуумный погрузчик, который предназначен для выполнения ряда вспомогательных очистных и уборочных работ. В их числе выполнение подготовительных работ перед применением машин для очистки щебня; уборка загрязненного щебня без снятия рельсошпальной решетки на стрелочных переводах, мостах и др.; удаление наносных отложений и очистка дренажных каналов; очистка путей железнодорожных станций; уборка загрязнений (сухих и мокрых) с железнодорожного пути; разгрузка и очистка вагонов и платформ.

Машина (рисунок 6.33) имеет раму коробчатого типа, которая опирается на две тележки: переднюю трехосную 1 и заднюю двухосную 11. Раму с

двух сторон оборудуют автосцепками 10 (СА-3) с поглощающими аппаратами. На ней устанавливают специальный вагон-платформу, на которой располагают комплект рабочего оборудования, силовую установку с трансмиссией, системы управления с кабиной и вспомогательные устройства. Под рамой (в базе машины) размещают главный выгружающий конвейер 12.

Технические характеристики машины приведены в таблице 6.15.

Таблица 6.15 – Технические характеристики машины COMPELVAC 500 RD

Параметр	Значение
Мощность силовой установки, кВт	250+250
Рабочая скорость, км/ч	5
Производительность при всасывании материала, м ³ /ч:	
– неуплотненного	55
– загрязненного уплотненного	25
Длина, мм	24530
Общая масса, т	85
Боковое расстояние всасывающего сопла от оси пути, мм	6200
Максимальное заглубление сопла манипулятора, мм	1640
Максимальное разрежение на всасывании, мбар	800
Вместимость контейнера для материала, м ³	26

На машине устанавливают два дизельных двигателя мощностью по 250 кВт. Они приводят с помощью клиноременных передач вакуумные насосы и через гибкие муфты гидронасосы для управления положением рабочих органов. Один из дизелей приводит также гидронасос для привода компрессора.

Передняя тележка является трехосной поддерживающей (т. е. неприводной), задняя – двухосной приводной, которая имеет встроенные осевые редукторы, соединительные муфты и приводные гидромоторы. В рабочем режиме гидромоторы обеспечивают передвижение машины, в транспортном они отключаются через муфты, т. е. передвижение машины производят только с помощью механических передач.

Рабочее оборудование включает вакуумные насосы 7 и 8, фильтрующие блоки 5 и 6, гидроманипулятор 3 с трубопроводом 2, имеющим всасывающее сопло, а также главный выгружающий 12 и поворотный 9 конвейеры, транспортирующие загрязнители в контейнеры.

Главным рабочим органом является вакуумный агрегат, который включает вакуумный насос, который через всасывающий трубопровод закачивает кусковой сухой или жидкий материал в контейнер машины. Кроме того, к рабочему оборудованию относятся гидроманипулятор, управляющий положением всасывающего рукава, фильтрующий блок и транспортирующие конвейеры.

На панели управления располагают все необходимые элементы управления и приборы, контролирующие состояние агрегатов и узлов машины, в том числе работу двигателя и вакуумного насоса, гидро-, электро- и пневмосистем, проверку их основных параметров и др.

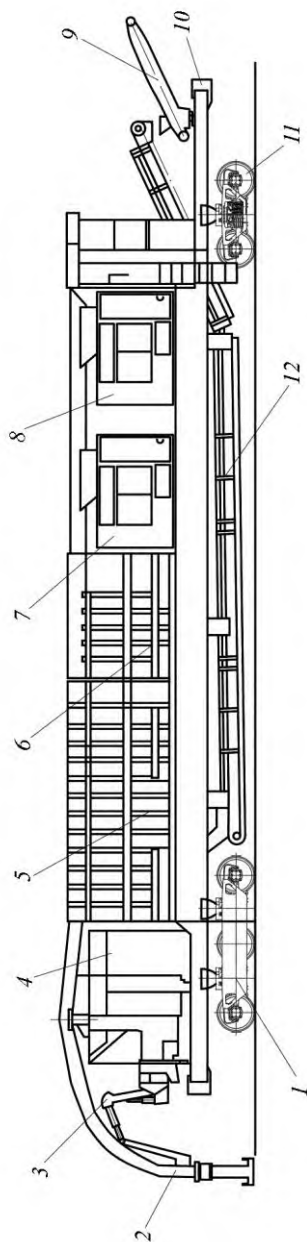


Рисунок 6.33 – Путевая машина COMPELVAC 500 RD:

1 – поддерживающая тележка; 2 – трубопровод с всасывающим соплом; 3 – манипулятор;

4 – кабина управления; 5, 6 – воздушные фильтры; 7, 8 – энергоблоки и вакуумные насосы;

9 – поворотный конвейер; 10 – автоцепка; 11 – тяговая тележка;

12 – главный выгружающий конвейер

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Подбор разрабатываемого материала с очищаемой поверхности полотна осуществляют с помощью гидроуправляемого всасывающего рукава 2, имеющего сменные головки (насадки). Управление стрелой гидроманипулятора 3 осуществляют из кабины 4 или с выносного пульта (с радиусом захвата материала головкой всасывающего рукава от оси пути до 6,2 м и с максимальной глубиной разработки более 1,6 м).

Для обеспечения экологической безопасности эксплуатации машины применяют фильтрующую систему, в составе которой имеются три защитные фильтрующие кассеты, встроенные в корпус фильтра непосредственно над вакуумным насосом. Фильтр предназначен для защиты вакуумного насоса на случай повреждения фильтрующих пакетов главного фильтра. Воздух, проходя через фильтрующую систему, очищается от любых механических примесей и через глушитель попадает в атмосферу.

Собранный материал подают в двухсекционный сужающийся книзу контейнер вместимостью 26 м³, в котором происходит отделение материала от транспортирующего воздуха гравитационным путем. Контейнер состоит из двух секций: нижней (с фильтром грубой очистки), в которой накапливаются отфильтрованные частицы пыли, и верхней (тонкой очистки) с основным фильтром. После очистки от загрязнений воздух через глушитель подают в атмосферу. Машину оснащают двумя контейнерами и передвижным устройством, которое позволяет поочередно загружать один или другой контейнер.

После наполнения контейнера собранный материал через разгрузочный люк подают на главный ленточный конвейер, а затем на поворотный, с помощью которого материал перемещают в вагон для засорителей или за пределы балластной призмы. Главный конвейер фиксируют под рамой машины в стационарном состоянии, а поворотный устанавливают на раме, способной обеспечить поворот конвейера вокруг вертикальной оси. Управление положением конвейеров обеспечивают гидроцилиндры, передвижение конвейерных лент осуществляют с помощью гидромоторов через механические передачи.

Высоту подъема стрелы манипулятора ограничивает концевой выключатель, который устанавливают на секции стрелы. В случае отказа гидросистемы имеется контур аварийного управления для установки манипулятора в транспортное положение, оснащенный гидронасосом с электроприводом.

Техническое обслуживание включает традиционные мероприятия по очистке, визуальному контролю, пополнению расходуемых материалов, смазыванию и замене расходуемых средств, а также изношенных элементов рабочего и ходового оборудования.

К основным рабочим органам относят вакуумный насос, гидроманипулятор с приводом от гидроцилиндров, управляющий положением всасывающего рукава, фильтры и транспортирующие конвейеры.

Производитель машин рекомендует перед началом работы провести внешний осмотр блока управления с кабелем, стрелы манипулятора и огра-

ничителя ее высоты, а также гидросистема, включая гидроцилиндры, шланги и соединения всасывающего шланга и его сопла. Кроме того, проверяют герметичность и крепление шлангов, трубок и проводов, в том числе трубопровода к турбонагнетателю; натяжение приводных ремней на вакуумном насосе, нагнетателе, вентиляторе и генераторе; целостность впускных шлангов на входе вакуумного насоса и воздухозаборнике его охлаждения; уровень рабочей жидкости в гидросистеме, масла в вакуумном насосе; фильтрующие системы (защитные фильтры на двигателе, фильтрующие блоки контейнеров, главный фильтр вакуумной системы и др.).

В таблице 6.16 представлена схема основных операций по техобслуживанию машины, которая сочетает требования отечественного стандарта с рекомендациями производителя машин.

Таблица 6.16 – Схема технического обслуживания машины COMPELVAC 500 RD

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов. Проверка охладителей.
ЕТО ежедневно	Внешний осмотр и проверка: элементов устройств безопасности КЛУБ УП, звуковой и световой сигнализации, средств радиосвязи; резьбовых соединений, креплений и шплинтовок; рессорного подвешивания, буксовых узлов и автосцепного устройства; колесных пар; трансмиссии; приводных ремней вакуумных насосов; гидрооборудования; конвейерных лент и скребковых устройств; пневмосистемы; запорных, фиксирующих и предохранительных устройств. Проверка: комплектности инструмента, запасных частей, сигнальных приборов и принадлежностей. Проверка и подготовка тормозной системы в соответствии с инструкцией по эксплуатации тормозов ССПС. Проверка расходных средств: уровня топлива, моторного масла и охлаждающей жидкости в двигателе, рабочей жидкости в гидросистеме, масла в вакуумном насосе. Проверка функционирования: двигателя, вакуумного насоса, гидронасоса и их составных частей, конвейерной системы
ТО-1 через 50 часов работы	Выполнение всех операций ЕТО. Проверка и осмотр: рамы с автосцепкой; колесных пар и тележек; осветительных приборов и сигнальных фонарей кабины; герметичности гидросистемы и состояния уплотнений и креплений; регулировки тормозных цилиндров и замены тормозных колодок. Рабочие органы: смазка механизмов поворота и натяжения конвейеров, грязеотталкивателей, цапф рессорного подвешивания, проверка креплений и фиксирующих устройств, осмотр выбросного конвейера, всасывающего рукава, гидроцилиндров управления. Проверка исправности комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ УП и контроля бдительности машиниста

Интервал	Вид работ
ТО-2 через 250 часов работы	Выполнение всех операций ТО-1. Проверка и осмотр: рамы с автосцепкой, колесных пар и тележек, тормозной системы, гидросистемы, трансмиссии, электрооборудования. Рабочие органы: смазка по карте смазки; проверка приводных ремней вакуумных насосов, осмотр приводов конвейеров, транспортерных лент и скребковых устройств, смазка опорных поверхностей гидроманипулятора, проверка исправности блокировочных и запорных приспособлений и механизмов. Проверка функционирования силовой установки: исправности приборов эксплуатационного контроля, топливных фильтров, герметичности уплотнений
ТО-3 через 500 часов работы	Выполнение всех операций ТО-2. Осмотр: рамы, колесных пар, тормозной системы с пневмооборудованием (в соответствии СТП 09150.56.052-2007), электрооборудования, комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ УП. Проверка и осмотр трансмиссии: замена масла в редукторах трансмиссии. Смазка машины в соответствии с картой смазки. Осмотр силовой установки: замена масла с обязательной заменой фильтров, в том числе топливных. Проверка работы: двигателя, приборов управления тормозами и рабочих органов после устранения неисправностей

6.6 Эксплуатация и обслуживание машин для очистки пути от снега

Особенности зимнего содержания железнодорожного пути связаны с наличием, количеством и структурой атмосферных осадков. На территории Беларуси осадки в виде снега составляют до 15–20 % годового количества всех осадков. В основном толщина снежного покрова за один снегопад составляет не более 0,20–0,25 м. Однако время от времени на территории Беларуси наблюдаются снегопады с обильным выпадением снега, которые требуют незамедлительного реагирования для обеспечения бесперебойного движения, поскольку при этом образуется плотный покров значительной толщины. Оперативная очистка и уборка снега с железнодорожного пути является обязательным требованием безопасности движения, поскольку снежный покров толщиной более 0,2 м может привести к полному прекращению движения.

Изменения, которые снежно-ледяные образования вносят в дорожное движение, зависят от их физико-механических характеристик (таблица 6.17), изменяющихся в широких пределах, в частности, плотность снега от 10 (свежевыпавшего) до 950 кг/м³ (снежно-ледяного наката).

Таблица 6.17 – Характеристики снега

Характеристика	Плотность, кг/м ³	Твердость, МПа	Сопротивление резанию, МПа
Свежевыпавший	10–200	0,02	0,001
Слабоуплотненный	220–300	0,2–0,6	0,005–0,010
Уплотненный слежавшийся	300–400	0,3–1,5	0,010–0,025
Старый слежавшийся	480–520	0,2–0,4	0,025–0,080
Уплотненный накат	550–700	0,4–3,0	0,1–0,5
Снежно-ледяной накат	700–950	–	1,0–2,5

В зависимости от плотности и состояния снежного покрова используют комплекты и комплексы машин, которые обеспечивают механизацию работ по очистке от снега пути и его уборке. К ним относятся снегоочистители и снегопогрузчики различных типов и модификаций.

6.6.1 Плужные снегоочистители

Снегоочистители классифицируют по следующим признакам:

- 1) *по типу тягового средства* – на базе маневрового тепловоза и мотовоза;
- 2) *по типу рабочего органа* – плужные, роторные, щеточные и пневмообдучные (реактивные);
- 3) *по типу плужного оборудования* – специальные стационарные (на утяжеленном вагоне) и съемные (на мотовозе или маневровом тепловозе);
- 4) *по виду действия плужного рабочего органа* – очищающего, сдвигающе-очищающего и сдвигающе-отбрасывающего;
- 5) *по конструкции плужного рабочего органа* – одно- и двухотвальные;
- 6) *по захвату плужным рабочим органом* – однопутные двухотвальные, двухпутные одноотвальные и универсальные (с системой перестановки в режим одно- или двухотвального плуга).

Снегоочиститель представляет собой специализированный вагон, на котором размещают снегоочистительные рабочие органы, систему управления, тормозное, осветительное и другое оборудование. У плужных снегоочистителей основным рабочим оборудованием является снежный плуг, у роторных – фреза или ротор, у пневмообдучных – сопло, подающее выхлопные газы от турбореактивного двигателя в зону очистки.

Роторные и пневмообдучные снегоочистители, предназначенные для очистки пути от глубоких снежных заносов, на отечественной дороге не используют. В путевом хозяйстве в основном применяют снегоочистители различных модификаций (СДП, СДПМ, СДПМ-2 и др.). Как видно из таблицы 6.18, их технические характеристики незначительно различаются между собой. Отличия состоят в более совершенной конструкции СДПМ в целом, обеспечивающей технологические преимущества по сравнению с базовой моделью (СДП), включая систему управления плугом: отвод плуга в сторону осуществляют вокруг горизонтальной оси, а не вокруг вертикальной. Соответственно,

модификация СДПМ-2 обладает конструктивными достоинствами по сравнению с моделью СДПМ (видоизмененным кузовом, улучшенными узлами и агрегатами и проч.).

Основным рабочим органом таких машин является отвальный плуг, который имеет подвижные переставляемые крылья и неподвижные щиты-отвалы.

При движении снегоочистителя плуг подрезает слой снега и отбрасывает его в сторону от пути. По характеру отбрасывания снега плужные снегоочистители бывают однопутными двухотвальными, двухпутными одноотвальными, а также универсальными с системой перестановки отвалов на одно- или двухпутный вариант в зависимости от конкретных условий работы (на двухпутном участке сбрасывание снега с пути производят в полевую сторону).

Таблица 6.18 – Технические характеристики плужных снегоочистителей

Показатель	СДП	СДПМ	СДПМ-2
Ширина захвата при открытых крыльях, м	4,95		
Толщина очищаемого слоя снега, м	1,0	1,0	1,0
Скорость, км/ч:			
– рабочая	70	70	70
– транспортная	90	80	90
Масса, т	84,0		
База, м	9,0		

Распределение отброшенного при очистке снега вдоль пути зависит от формы отвала и скорости движения снегоочистителя. Современные плужные снегоочистители оснащают отвалами различной формы. При движении машины с плоским отвалом перед ним образуется призма волочения снега, которая смещается в сторону от пути с формированием снежного вала. Аналогичное действие на снег (сдвигающе-очищающее) оказывают отвалы цилиндрической и конической формы при скорости движения машины до 25–30 км/ч (7–8 м/с). Если же скорость превышает эти значения, снег отбрасывается на значительное расстояние (до 15–20 м) от пути, т. е. имеет место сдвигающе-отбрасывающее действие отвала.

Очищающее действие на рельсы оказывают цилиндрические тросовые щетки с поперечной пути осью вращения, которые являются неизменным элементом рабочего оборудования независимо от формы отвала.

На рисунке 6.34 представлен наиболее распространенный двухпутный снегоочиститель СДПМ-2 (в транспортном положении), который предназначен для очистки железнодорожного пути со скоростью до 70 км/ч. Особенностью снегоочистителя является возможность производить очистку пути от снега с локомотивом, поставленным как сзади, так и впереди, благодаря чему снегоочиститель кроме очистки перегонов, можно использовать для очистки станционных железнодорожных путей и подъездных путей предприятий. Снегоочиститель представляет собой утяжеленный цельнометалличе-

ский четырехосный вагон, что позволяет сохранять устойчивость при разработке снежных завалов. К основным узлам и механизмам снегоочистителя относят кузов 4, рама которого опирается на типовые двухосные тележки 3; лобовой щит 6 с подрезным ножом 1, тросовыми металлическими щетками; боковое 5 и угловое 2 крылья; щеточное оборудование, автосцепку 7 с фиксатором, пневмосистему и тормозное оборудование.

Для работы снегоочистителя используют локомотив любой серии, имеющий тормозную и питательную магистрали, оборудованный компрессором и электрогенератором. Помимо стационарных снегоочистительных устройств, которые устанавливают на специальном вагоне, применяют навесные плуги, монтируемые в виде съемного оборудования на мотовозах и маневровых тепловозах.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Плужные снегоочистительные устройства (лобовой щит 6 с подрезным ножом 1, боковое 5 и угловое 2 крылья) устанавливают как в передней, так и в задней части снегоочистителя.

В рабочем режиме очистку от снега производят отвальной плоскостью, которую составляют передний лобовой щит и примыкающие к нему угловое и боковое крылья, которые обеспечивают очистку полосы шириной до 5 м. Снизу щит оснащают съемными подрезными ножами 1, которые в рабочем положении опускают на 50 мм ниже уровня головок рельсов. Рельсы очищают металлическими (тросовыми) щетками, также прикрепленными к подъемному щиту. Управление всеми элементами рабочих органов (крыльями, ножами, щетками и др.), а также автосцепками осуществляют пневмоцилиндрами через рычажные механизмы.

В транспортном режиме рабочие органы поднимают и закрепляют транспортными стяжками, при этом автосцепку 7 выдвигают и фиксируют. При переводе снегоочистителя в рабочий режим ее убирают за щит.

Как было отмечено (см. рисунок 6.34), снегоочиститель оснащают (спереди и сзади) двумя одинаковыми комплектами снегоочистительных устройств. Соответственно, в транспортном режиме машины оба комплекта находятся в транспортном положении, а в рабочем режиме машины – один комплект в транспортном, а другой – в рабочем положении. Крылья (боковое и угловое) имеют одинаковые конструкции и набор элементов (основная часть, подкрылок, нож, козырек), а также пневмоцилиндры управления их положением, которые вместе с рычажной системой и шарнирным соединением с машиной обеспечивают заданное положение рабочих элементов в горизонтальной и вертикальной плоскостях как в рабочем, так и в транспортном режимах.

Для ускоренного подъема ножа при проезде препятствий во время работы его снабжают противовесами.

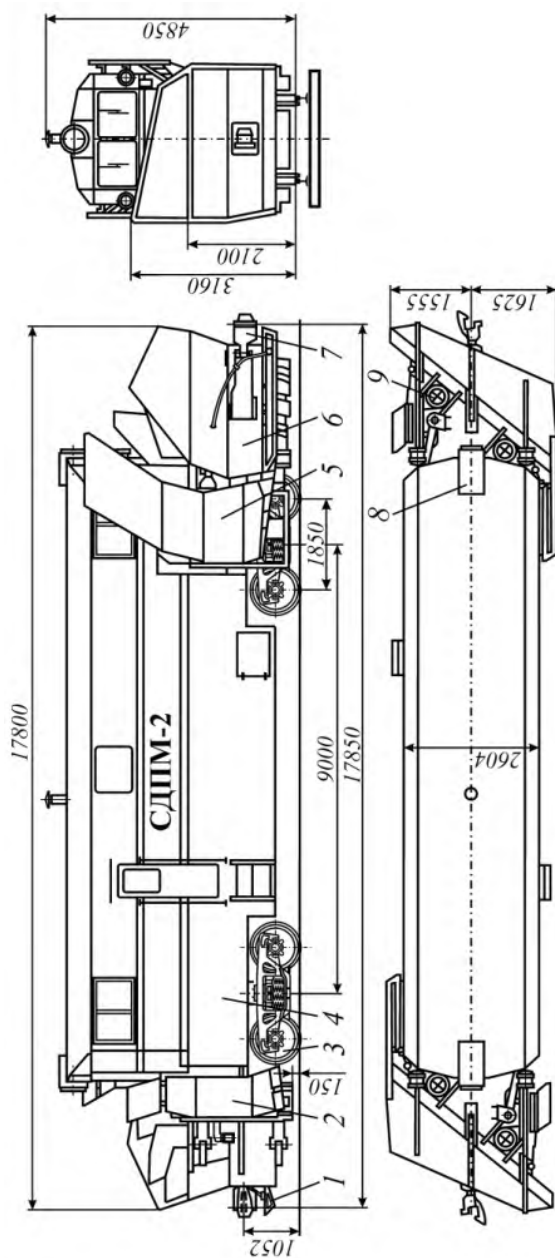


Рисунок 6.34 – Двухпутный плужный снегоочиститель СДПМ-2;

1 – подрезной нож; 2 и 5 – угловое и боковое крылья; 3 – ходовая тележка; 4 – кузов; 6 – лобовой щит; 7 – выдвижная автосцепка; 8 – прожектор; 9 – привод механизма поворота бокового крыла универсальный шарнир (шарнирный узел крепления тяги и щита)

Привод рабочих органов – от пневмосистемы локомотива. На снегоочистителе устанавливают два пульта управления: для переднего и заднего снегоочистительного устройства. На каждом пульте размещают пневматические краны золотникового типа, через которые сжатый воздух направляют в пневмоцилиндры управления рабочими органами (выдвижением автосцепки, подъемом щита, открытием крыльев и др.). Кроме того, на каждой стороне снегоочистителя устанавливают кондукторский стоп-кран, манометр и тифон. На рисунке 6.35 приведена схема пневмосистемы управления передним снегоочистительным устройством. Сжатый воздух от локомотива поступает в центральную магистраль снегоочистителя через тормозную систему, разобщительный кран ВН8 и клапаны максимального давления КР1 и КР2. Эти клапаны поддерживают постоянное давление (0,60–0,65 МПа) в системе. Ресиверы РС1–РС4 обеспечивают плавное изменение давления, а также перевод рабочего оборудования в транспортное положение в случае отказа основной пневмосистемы.

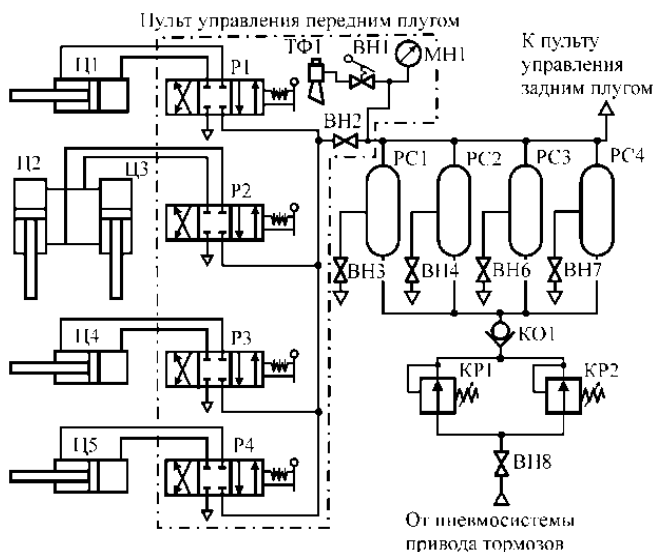


Рисунок 6.35 – Пневмосистема привода рабочих органов снегоочистителя:

ВН1 – кран подачи звукового сигнала; ВН2, ВН8 – разобщительные краны;
ВН3-ВН7 – продувочные краны ресиверов; КР1, КР2 – клапаны максимального давления;
КО1 – обратный клапан; МН1 – манометр; Р1–Р4 – крановые пневмораспределители;
РС1–РС4 – ресиверы; ТФ1 – тифон; Ц1–Ц5 – пневмоцилиндры привода переднего плуга

6.6.2 Струги-снегоочистители

Струги-снегоочистители являются многофункциональными машинами, которые используют круглогодично при реконструкции, ремонте и текущем содержании пути благодаря наличию как снегоочистительного оборудования, так и оборудования для земляных работ. В отечественном путевом хозяйстве используют струги-снегоочистители различных модификаций.

В таблице 6.19 представлены технические характеристики некоторых моделей. По отношению к базовой модели (СС-1) у модифицированных моделей сохранены основные конструктивные решения, но расширены технологические возможности.

Таблица 6.19 – Технические характеристики стругов-снегоочистителей

Параметр	СС-1	СС-1М	СС-3
Скорость, км/ч:			
– земляных работ	10	15	15
– очистки снега на перегонах	40	80	80
H , м	1,5	2,0	1,5
B , м	5,2		6,0
L , м	7,50	7,55	7,70
База машины, м	15,3	16,5	25,5
Масса машины, т	92	100	102
<i>Примечание – H – толщина слоя снега; B – ширина очищаемой полосы; L – наибольший вылет земляного устройства.</i>			

Струг-снегоочиститель (рисунок 6.36) – это самоходная машина, на раме 15 которой монтируют все рабочие органы и вспомогательные устройства, а также две кабины управления 1 и 7. Рама опирается на переднюю трехосную 11 и заднюю двухосную 21 тележки. Концы рамы 15 оснащают выдвижными устройствами для автоматической сцепки струга с локомотивом или составом при переброске машины на дальние расстояния.

К основным рабочим органам относят два главных боковых крыла 3 и два отвальных снегоочистительных устройства 9 и 23. Каждое из главных крыльев выполняют в виде плоского отвального плуга и трех подвижных элементов: корневой части 13, откосного крыла 2, балластного планировочного подкрылка 14 и кюветной части. Их устанавливают в зависимости от очертания поперечного профиля железнодорожного пути на станции, в выемке или насыпи. Для крепления и подвески главных рабочих крыльев на раме 15 размещают порталную раму 6.

Снегоочистительные устройства 9 и 23 устанавливают в торцевых частях струга. Они представляют собой вертикальные двухотвальные щиты криволинейной формы, плоскости которых располагают под углом 50–60° к оси пути. Для увеличения производительности их оснащают боковыми крыльями 20 (левым и правым).

Тяговым средством струга-снегоочистителя является локомотив, который с помощью компрессора снабжает сжатым воздухом пневмосистему управления струга. Все механизмы приводят в рабочее или транспортное положение сжатым воздухом, который закачивает компрессор локомотива в рабочие резервуары (ресиверы) струга общим объемом 4,2 м³. Воздух в пневмосистему поступает через клапаны максимального давления, позволяющие поддерживать постоянное рабочее давление (0,6 МПа) независимо от давления в тормозной системе.

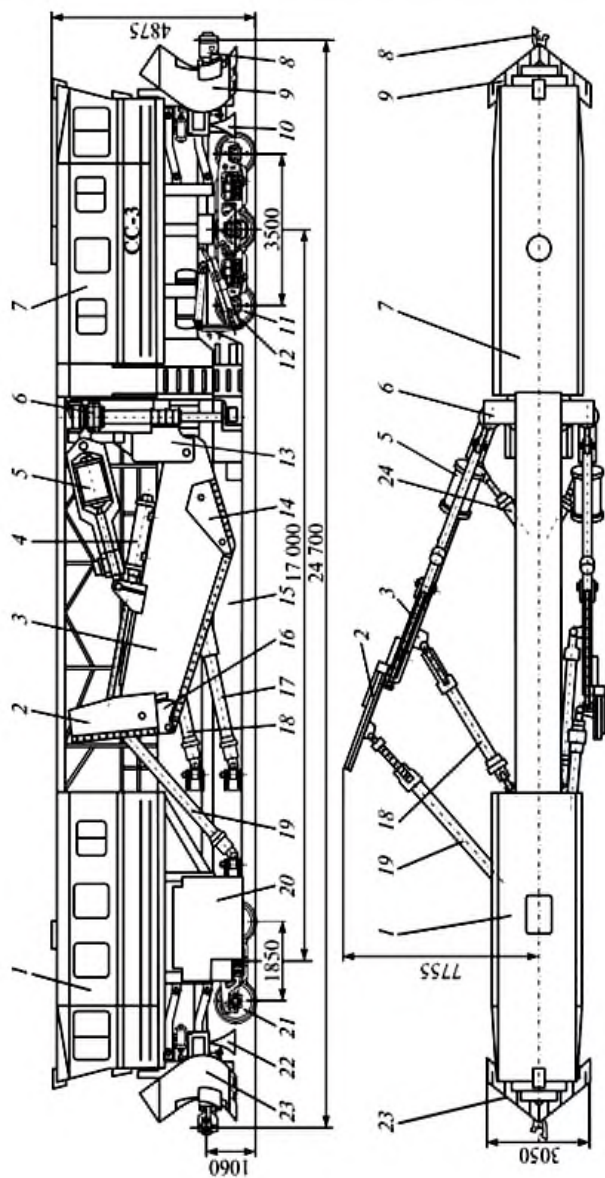


Рисунок 6.36 – Струг-снегоочиститель.

1, 7 – задняя и передняя кабины; 2, 3, 13, 14 – откосное и боковое крылья, кормовая часть земляного устройства, балластный подкрылок; 4, 5 – механизмы наклона откосного и бокового крыльев с пневмоприводом; 6 – портал с механизмами подъема земляных устройств; 8 – автоцепка с механизмом выдвигания; 9, 23 – переднее и заднее отвальные устройства;

10, 22 – подкрылки отвальных устройств; 11, 21 – передняя и задняя ходовые тележки; 12 – опрокидывающее устройство откоса балластной призмы; 15 – рама; 16 – поворотный сектор крепления откосного крыла; 17–19 – телескопические распорки с пневмофиксатором;

20 – боковые крылья; 24 – пневмоцилиндр раскрытия земляного устройства

Управление пневмоцилиндрами осуществляют через краны, установленные на пультах управления в передней и задней кабинах. Пневмосистема обеспечивает работу привода рабочих органов, автоматических тормозов и других агрегатов. На струге имеются две пневматические магистрали: рабочая и тормозная. Рабочую магистраль машины соединяют с питательной магистралью локомотива, а тормозную – с тормозной магистралью локомотива.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Зимой струги используют для очистки железнодорожных путей от снега на станциях и перегонах, для очистки кюветов от снега при глубоких заносах и при отвалке его в местах выгрузки снеговых составов, удаления снега из выемок, а также вскрытия кюветов для пропуска весенних вод.

В весенне-летний период их применяют для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту земляного полотна. В их числе очистка и нарезка кюветов, срезание обочин и формирование откосов, планирование и профилирование земляного полотна при строительстве и реконструкции вторых железнодорожных путей.

На рисунке 6.36 левое главное крыло 3 находится в рабочем положении, правое – в транспортном. В рабочее положение крыло 3 переводят пневмоцилиндром 24, который может поворачиваться вокруг вертикальной оси. В раскрытом состоянии крыло удерживают телескопические распорки 17, 18 и 19 с пневмофиксаторами. Конструкция кюветной части крыла позволяет быстро переводить машину с планировочных работ на очистку от снега кюветов.

Отвалыные снегоочистительные устройства 9 и 23 (см. рисунок 6.36) и боковые крылья 20 также управляют пневмоцилиндрами. В рабочем положении их закрепляют пневматическими стопорами (рисунок 6.37). Стопоры 12 являются пневмоцилиндрами одностороннего действия, шток которых служит фиксатором. В этих пневмостопорах выдвижение штока (т. е. их фиксацию) производят с помощью пружин 6, а расфиксацию (т. е. возврат в исходное положение) – с помощью пневмоцилиндров 4 и 5.

Отвалыные устройства 9 и 23 (см. рисунок 6.36) через шарниры и подъемные рамы подвешивают к основной раме машины через пружинные амортизаторы, которые позволяют производить быстрый подъем устройства в транспортное положение при преодолении препятствий (рабочая скорость машины при очистке снега достигает 80 км/ч). В нижней части каждого отвала закрепляют криволинейные подкрылки 10 и 22, которые при работе разворачивают, расширяя зону очищаемой полосы до 3,2 м.

Конструкции торцевых отвалыных устройств и подкрылков позволяет легко перестраивать их положение для изменения направления отбрасывания снега: двухотвалыный, одноотвалыный в левую или правую стороны (на рисунке 6.36 отвалыные устройства 9 и 23 выполнены в двухотвалыном варианте). В зависимости от поставленной задачи в двухотвалыном варианте они работают по однопутной схеме с очисткой пути и отбрасыванием снега в обе стороны от пути, а также для перемещения снега перед машиной при его вывозе из выемок,

при очистке подходов к тоннелям и проч. При работе в одноотвальном варианте их используют в двухпутной схеме с отбрасыванием снега в полевую сторону (налево или направо). В зависимости от скорости движения машины изменяется дальность отбрасывания снега в полевую сторону.

Боковые крылья 20 увеличивают ширину обрабатываемой полосы до 6 м.

Для предотвращения влияния автосцепных устройств на движение снега по отвалу автосцепки выполняют выдвжными.

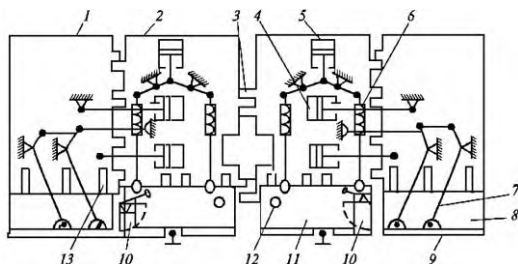


Рисунок 6.37 – Пневматическая схема снегоочистительного устройства струга:

- 1 – крыло; 2 – передний щит;
- 3 – шарнир; 4, 5 – пневмоцилиндры;
- 6 – пружина; 7 – двуплечий рычаг;
- 8, 11 – подвижные щитки; 9 – подрезной нож; 10 – секторы;
- 12 – пневмостопор; 13 – направляющая

Комплект оборудования, установленный в средней части рамы 15 машины, имеет многофункциональное назначение. Его называют земляным устройством и с его помощью проводят планировочные работы на земляном полотне. Он включает боковые крылья 3 с балластными подкрылками 14, откосной частью 2 и корневой частью 13. На нижних кромках крыльев и кюветной части земляного устройства имеются подрезные съемные ножи, способствующие снижению сопротивления грунта резанию.

Кроме того, машину оснащают оборудованием для планирования балластной призмы, а именно оправочными устройствами 12.

Перевод из транспортного в рабочий режим, а также управление позиционированием рабочих органов, включая их фиксацию в заданном положении, производят с помощью различных пневмоцилиндров.

6.6.3 Снегоуборочные машины

Снегоуборочные машины и поезда выполняют комплекс работ по очистке пути от снежно-ледяных масс, их погрузке на специальный подвижной состав, транспортированию и выгрузке. Зимой их используют для очистки от снежной массы и льда рельсов, стрелочных стыков и станционных путей, что необходимо для нормального функционирования железнодорожного транспорта.

В летнее время с помощью снегоуборочного поезда можно очистить железную дорогу от засорителей. Во время передвижения скорость машины зависит от толщины убираемой массы и изменяется в интервале от 0,6 до 10,0 км/ч.

Снегоуборочные машины классифицируют по следующим признакам:

- 1) по способу передвижения – несамходные (прицепные) и самоходные;
- 2) по количеству вагонов – одно- и многовагонные;

3) *по типу рабочих органов* – с ножевым, роторным и комбинированным, сочетающим подрезные ножи и заборный ротор.

В зависимости от объемов путевых работ применяют одновагонные самоходные снегоуборщики (моделей СМ-4, СМ-5, СМ-6), а также снегоуборочные поезда, состоящие из двух – пяти единиц СПС.

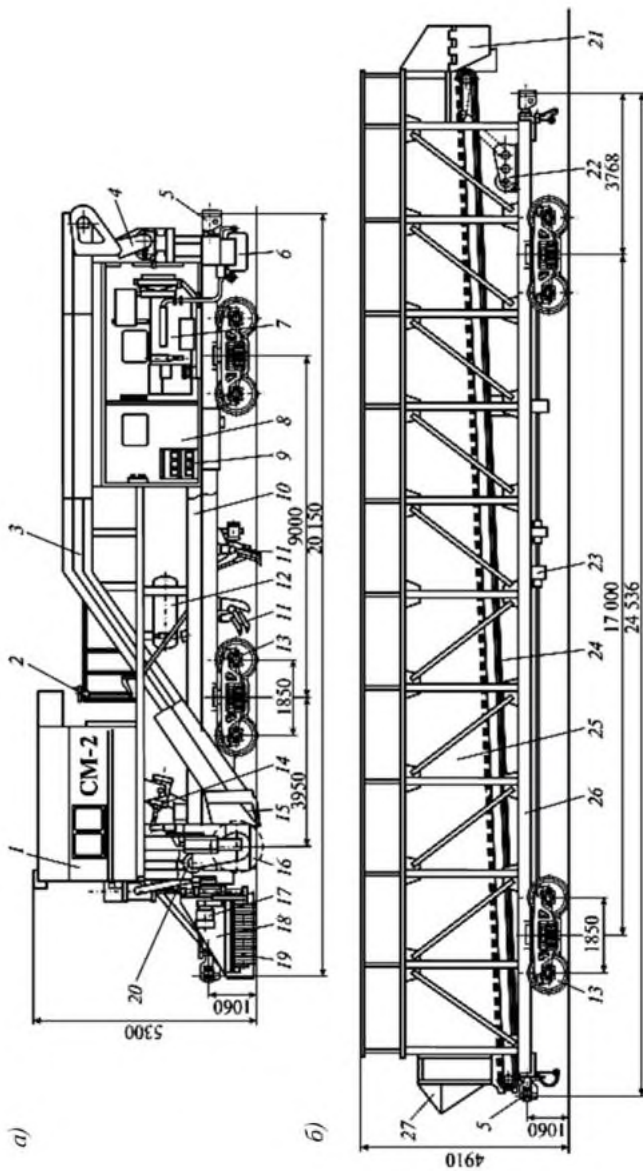
В *одновагонных самоходных машинах* все технологические операции (очистку пути от снега, его погрузку, транспортирование и разгрузку) осуществляют в одном большегрузном полувагоне, в котором размещают рабочие органы и разгрузочные устройства. Загрузочным питателем в виде барабана щеточного типа подают снег к системе транспортеров, которые перемещают его к выбросному устройству. Разгрузку производят выбросным ротором, который вращается вокруг оси, параллельной продольной оси машины, и снег, подаваемый конвейером, отбрасывается ротором в сторону на 20–30 метров. Такие машины, имеющие небольшую длину, используют в основном для очистки стрелок и околоторочных путей.

Многовагонные снегоуборочные поезда состоят из трех основных частей, между которыми распределяют технологические операции. Головная машина СМ-2 (или ее модификации СМ-2А, СМ-2Б, СМ-2М) является уборочно-очистным агрегатом, полувагоны – емкостями для погрузки снега, а концевой полувагон, кроме того, имеет разгрузочное устройство. После уборки снег остается внутри полувагонов, а разгрузку выполняют в отведенных местах выгрузки. Поезда выпускают как самоходные, так и несамоходные, которые приводят в движение тепловозы.

Основной снегоуборочной машиной на постсоветском пространстве является машина СМ-2, которая представляет собой несамоходный агрегат для уборки снега и засорителей. В движение машину приводят с помощью любого маневрового или магистрального локомотива. Снегоуборочный поезд (рисунок 6.38) того же наименования (СМ-2) состоит из головной снегоуборочной машины, двух промежуточных и концевого полувагонов.

Снегоуборочная машина СМ-2 (см. рисунок 6.38, а) – это несамоходный специальный четырехосный вагон без торцевых стенок, оснащенный заборно-очистительным устройством. Машина содержит кабину управления 1, тормозную пневмосистему 12, дизель-электрический генератор 7. Пневмосистема машины обеспечивает управление рабочими органами с питанием от пневмосистемы локомотива. Машину оснащают дизель-генератором для обеспечения энергией электродвигателей рабочих органов всего поезда, а также компрессором для питания воздухом пневмоцилиндров рабочего оборудования.

Переднюю консольную часть рамы оборудуют автосцепкой, смонтированной на поворотной балке, что позволяет при большой длине консольной части пропускать машину по кривым малого радиуса. Задний буферный брус оборудован автосцепкой вагонного типа 5. Для повышения устойчивости машины на ее раме располагают грузовые ящики с балластом.



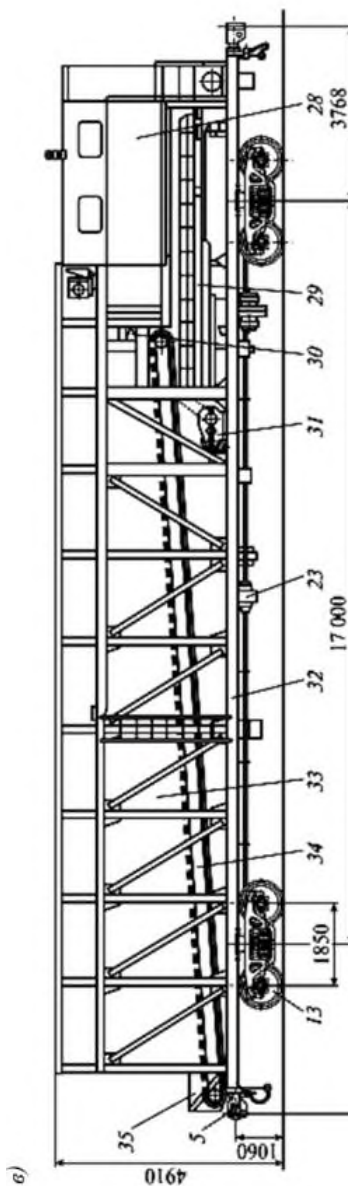


Рисунок 6.38 – Снегоуборочный поезд:

а – головная машина; *б* и *в* – промежуточный и концевой (разгрузочный) вагоны;

1, 28 – кабины управления; 2 – ручной стояночный тормоз; 3 – ленточный питающий конвейер; 4, 22, 31 – приводы питающего и напольного конвейеров; 5 – автосцепки; 6 – топливный бак;

7 – дизель-электрический генератор переменного тока; 8 – дизельная кабина;

9 – аккумуляторная батарея; 10, 26, 32 – рамы головной машины, промежуточного и концевого полувагонов; 11 – боковые и средний льдоскалыватели; 12, 23 – тормозная и рабочая пневмосистемы; 13 – ходовые тележки; 14 – привод подъема-опускания щеточного ротора;

15 – подрезной нож; 16 – щеточный ротор-питатель; 17 – привод боковых щеток;

18 – боковое крыло; 19 – боковая щетка; 20 – привод щеточного ротора-питателя;

21 – перегрузочное устройство; 24, 34 – напольные пластинчатые конвейеры-наполнители;

25, 33 – емкости для снега и засорителей; 27, 35 – разгрузочные бункеры;

29 – выбросной поворотный ленточный конвейер; 30 – лопастный рыхлитель

Рабочее оборудование машины включает оборудование для очистки пути от снега и устройство для забора убранный снега.

Очистительное оборудование устанавливают на ходовой раме 10 в передней части машины. К нему относятся боковые крылья 18 и роторные тросовые щетки 19, щеточный ротор-питатель 16 и подрезной нож 15, а также средний и два боковых льдоскалывающих устройства 11. Для их размещения рама имеет увеличенную длину передней консольной части.

Устройство для забора снега состоит из ленточного питающего конвейера 3, который включает наклонную и горизонтальную части. Он обеспечивает транспортирование и перегрузку снега (после наполнения собственной емкости) на сцепленный с машиной полувагон.

Боковые крылья 2 и роторные тросовые щетки 11 (рисунок 6.39) производят очистку полосы шириной до 5,1 м. В рабочем положении крылья располагают под углом 35–45° к оси пути и сдвигают снег с междупутий в колую. В транспортном положении крылья поднимают и складывают вдоль рамы машины 9 в пределах габарита. Перевод крыльев из транспортного в рабочее положение (и обратно) производят с помощью пневмоцилиндров 7 и 14, а их фиксацию в заданном положении – с помощью пневмостопоров 6 и других приспособлений (цепей 15, страховочных распорок 13).

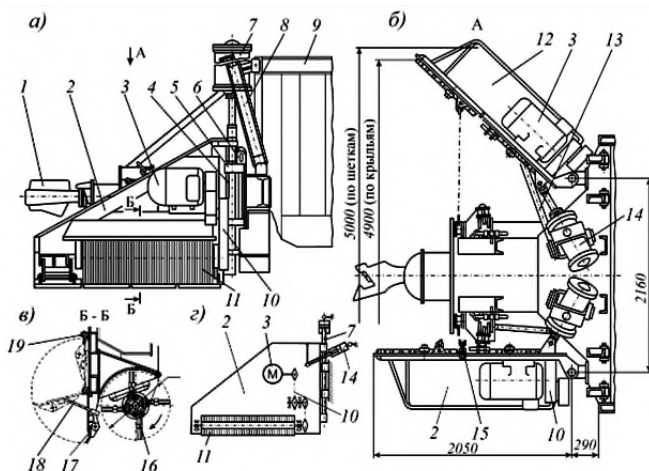


Рисунок 6.39 – Боковые крылья со щетками:

а, б – вид сбоку и в плане; в – разрез по крылу и щетке;

г – кинематическая схема приводов крыла и щетки:

- 1 – автосцепка; 2 – боковое крыло; 3 – электродвигатель привода щетки;
- 4 – вертикальная колонна; 5 – проушина с направляющими; 6 – пневмостопор;
- 7, 14 – пневмоцилиндры вертикального перемещения и раскрытия крыльев;
- 8 – опорный кронштейн; 9 – рама машины; 10 – цепные передачи привода щеток;
- 11, 12 – боковые щетки с кожухами; 13 – страховочная распорка; 15 – цепи;
- 16 – лопасти боковых щеток; 17 – откидной щит с ножом; 18 – распорка; 19 – стопор

Роторные боковые щетки 11 (12) вращаются с помощью электродвигателей 3 вокруг оси, параллельной оси пути, за счет чего они очищают от снега полосу на примыкающих междупутьях и подают его к середине пути перед ротором-питателем. Боковые щетки выполняют в виде пустотелых барабанов с четырьмя съемными секциями шестнадцати тросовых щеток по окружности. Щетки размещают под рамой 9 в средней части машины по обе стороны для сметания снега с междупутья и подачи его на путь при обратном ходе машины. Таким образом, очистку пути и междупутья производят за два прохода машины. При работе щеток откидной щит 17 фиксируют в нерабочем положении распоркой 18, если же щетки не используют, щитом как отвалом срезают слой снега.

Щеточный ротор-питатель 16 (см. рисунок 6.38, а), имеющий поперечное положение по отношению к оси пути, состоит из вращающегося барабана (диаметром 1400 мм), на котором закрепляют в специальных гнездах и колодках шесть рядов съемных тросовых щеток из отрезков стальных тросов (длиной до 300 мм). Каждый ряд щеток образует гибкую тросовую лопасть. При вращении ротора лопасти срезают снег до поверхности шпал и подают его на питающий конвейер. Гибкие лопасти позволяют очищать стрелочные переводы, крестовины, переезды и др. Летом машины с таким заборным органом используют для очистки путей от засорителей (угля, торфа, шлака). Щеточный ротор приводят во вращение двумя электродвигателями (мощностью 40 кВт) через карданные передачи, зубчатый редуктор и цепные передачи.

Ротор-питатель оснащают подрезным ножом 15, который используют при плотном снеге небольшой толщины, что позволяет эффективно очищать путь при относительно низкой энергоемкости процесса. Однако его нельзя использовать на стрелочных переводах и пересечениях. В рабочем положении машины подрезной нож опускают на 50 мм ниже УВГР. В транспортном положении переднюю часть конвейера вместе с ножом поднимают на 400 мм выше УВГР.

Скалывание и дробление слоя льда (или уплотненного слежавшегося снега) производят оснащенными резцами тремя плужными льдоскалывающими устройствами (см. рисунок 6.38, а) – средним и двумя боковыми 11, которые приводят в рабочее (или транспортное) положение пневмоцилиндрами.

Пневматическое оборудование служит для приведения в рабочее или транспортное положение рабочих механизмов и звуковой сигнализации, для торможения снегоуборочного поезда и очистки механизмов от загрязнения. Оборудование состоит из воздушных резервуаров, распределительных кранов управления и пневмоцилиндров механизмов подъема и поворота рабочих органов машины, а также воздушной сети. Схема воздухопроводов предусматривает питание сжатым воздухом как от компрессора, установленного на машине, так и от компрессора локомотива. Сжатый воздух поступает в воздушные резервуары головной снегоуборочной машины, откуда через распределительные краны – в пневмоцилиндры, которые управляют механизмами подъема питателя и транспортера, механизмами подъема и поворота крыльев, боковых щеток и льдоскалывающего устройства.

Промежуточный полувагон (см. рисунок 6.38, б) – это специальный четырехосный вагон без торцевых стенок, на раме 26 которого устанавливают накопительно-транспортирующее оборудование. Оно включает загрузочный бункер 27, емкость для снега или засорителей 25, пластинчатый конвейер-накопитель 24 с электроприводом и перегрузочное устройство 21.

Концевой полувагон (см. рисунок 6.38, в) – это такой же специальный вагон без торцевых стенок, имеющий накопительно-транспортирующее и разгрузочное оборудование. Оно включает бункер 35, конвейер-накопитель 34 с электроприводом 31, емкость для снега и засорителей 33, а также выбросной ленточный конвейер 29 и рыхлитель 30 для выгрузки снега.

Модель СМ-2Б имеет возможность сцепки головного вагона с локомотивом (при минимальном радиусе прохождения кривых 200 м), СМ-2М представляет собой модель с обновленными узлами и агрегатами, оснащенную усовершенствованной системой автосцепки, позволяющей транспортировать поезд, прицепляя его за головной вагон. Снегоуборочные поезда модификации СМ-2М при транспортировании разрешается прицеплять и за переднюю, и за заднюю автосцепки. Поезда ранее выпущенных модификаций (СМ-2А, СМ-2Б) разрешается прицеплять только за заднюю автосцепку.

Помимо самоходных, имеются самоходные машины, которые оснащают тяговыми тележками, обеспечивающими перемещение поезда в рабочем и транспортном режиме. В частности, передвижение снегоуборочного поезда СМ-2МС в рабочем режиме осуществляют за счет установки тяговых тележек под концевым полувагоном. При этом в состав тормозной системы снегоуборочного поезда СМ-2МС дополнительно входят краны машиниста и краны вспомогательного тормоза локомотива.

В таблице 6.20 представлены основные технические характеристики снегоуборочных поездов двух типов: самоходного и несамоходного.

Таблица 6.20 – Технические характеристики снегоуборочных машин

Параметр	СМ-2	СМ-2Б	СМ-2М	СМ-2МС
Тип поезда	НС			С
Производительность, м³/ч (т/ч)	1200 (480)			
Мощность силовой установки, кВт	200			250/315
Расчетная вместимость, м³	340			
Ширина очищаемой полосы, м	5,1	4,9	5,3	5,3
Высота слоя очищаемого снега, м	0,8			
Объем бака для топлива, л	4,2	4,2	2,2	4,2
Скорость передвижения, км/ч:				
– рабочая	10	10	10	0,6–10,0
– транспортная в порожнем состоянии	90	90	100	90,0
– транспортная в загруженном состоянии	50	50	50	30,0

Окончание таблицы 6.20

Параметр	СМ-2	СМ-2Б	СМ-2М	СМ-2МС
Общая масса, т	189	195	189	200
Общая длина поезда, м	94	94	94	94
Грузоподъемность, т	116	116	122	78
Обслуживающий персонал, чел.	3			
Примечание – НС – несамостоятельный; С – самостоятельный.				

Отметим, что на железных дорогах мира применяют в основном снегоуборочные машины со шнекороторными рабочими органами и поперечной подачей снега.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Снегоуборочный поезд с головной машиной СМ-2 зимой убирает снег и лед на станционных путях, стрелочных переводах и горловинах, а летом очищает пути от засорителей, загружает их в полувагоны, входящие в состав снегоуборочного поезда, перевозит к месту разгрузки и выгружает.

Рыхление и уборку уплотненного снега и льда машинами СМ-2 выполняют за два прохода, так как рыхлители и льдоскалыватели располагают за заборными органами машин. При первом проходе производят рыхление, а при втором – уборку с пути и погрузку разрыхленного материала.

Заборно-очистительные рабочие органы машины убирают снег с пути и подают его на конвейер (мощностью 55 кВт), который загружает емкость машины и обеспечивает транспортирование и перегрузку избытка снега на сцепленный с машиной полувагон.

Далее снег (или засоритель) попадает в загрузочный бункер 27 промежуточного полувагона (см. рисунок 6.38, б). Через него он поступает на напольный пластинчатый конвейер-накопитель 24, который загружает емкость полувагона 25 и перемещает избыток снега для перегрузки в концевой полувагон с помощью перегрузочного устройства 21, установленного на задней торцевой стенке полувагона. Привод конвейера осуществляют от электродвигателя (мощностью 16 кВт) 22 через редуктор и цепную передачу.

И наконец, снег попадает в концевой полувагон через бункер 35, установленный на его передней торцевой стенке, далее поступает на конвейер-накопитель 34 и накапливается в емкости 33 полувагона. Затем в специально отведенном месте полувагон разгружают с помощью расположенного в его задней части поворотного ленточного выбросного конвейера (мощностью 20 кВт) и лопастного рыхлителя 30, который разрыхляет плотные снежно-ледяные образования. Для выгрузки выбросной конвейер 29 имеет возможность поворота на опорно-поворотном круге и выброса снега в любую сторону на расстояние до 12 м от оси пути.

Загрузку и разгрузку полувагонов на машинах типа СМ-2 контролирует из концевого полувагона помощник машиниста снегоуборочного поезда, который включает конвейеры по мере накопления материала. При загрузке снежной массы полувагоны наполняют снегом на высоту до двух метров.

При уборке засорителей следят за тем, чтобы полувагоны не были перегружены – на ленте конвейера не должно быть слоя засорителя высотой более 0,5 м (на внутренних сторонах стенок полувагонов имеется ограничительная черта, выше которой их нельзя загружать).

Снег или засорители, накопившиеся в промежуточных вагонах, разгружают в заданном месте, что можно реализовать не только на стоянке, но и во время движения поезда.

Рабочие механизмы вращательного действия имеют электропривод от дизель-электрического агрегата мощностью 200 кВт, установленного на головной машине. Машину оснащают пневматическим автоматическим тормозом, а также ручным тормозом с приводом на обе тележки. Многие агрегаты и узлы составных частей снегопоезда (конвейеры и их электропривод, металлоконструкции, элементы пневмосистемы и др.) имеют унифицированные детали и узлы, что облегчает их ремонт с заменой неисправных деталей и узлов. Производительность снегопоезда составляет 1200 м³, при этом его расчетная вместимость с двумя полувагонами составляет 340 м³ (с одним – 215 м³).

Очистку путей от снега на станциях производят снегоочистителями и путевыми стругами, а уборку – снегоуборочными и снегопогрузочными машинами. При этом снегоочистителями или стругами пути очищают с перевалкой снега на определенный путь, затем снег убирают снегоуборочными или снегопогрузочными машинами или переваливают снег на определенное междупутье, с которого снег грузят на снеговые поезда. Отметим, что комплексное использование перечисленных единиц СПС (снегоочистителей, путевых стругов и снегоуборочных машин) является наиболее эффективным средством по своевременной очистке и уборке железнодорожных путей от снега.

Техническое обслуживание. Как было неоднократно отмечено, базовым документом, обязательным к применению для СПС, в том числе машин для очистки пути от снега, является СТП БЧ 56.428. Состав работ по техническому обслуживанию, их объемы и сроки выполнения устанавливает изготовитель машин с учетом требований эксплуатационных документов производителя путевых работ (инструкций по техобслуживанию, эксплуатации и содержанию, технологических карт и др.).

Техническое обслуживание снегоуборочных машин, как и других путевых машин, подразделяют на ежедневное и периодическое. Техобслуживание выполняет персонал поезда. Ежедневное – перед началом работы, во время перерывов и по окончании работы. С учетом обязательных рекомендаций, представленных в стандарте, периодическое техобслуживание снегоочистителей и снегопогрузчиков проводят один раз в месяц в период с сентября по апрель.

Перечень основных работ по техническому обслуживанию путевых машин, обеспечивающих очистку пути от снега, представлен в таблице 6.21.

Таблица 6.21 – Схема технического обслуживания снегоочистительной и снегоуборочной техники

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов.
ЕТО	Контроль состояния: проверка экипировки, дозаправка топливом и маслом; проверка исправности электрооборудования и заземления; проверка на холостом ходу рабочих органов (щеточных питателей, роторов боковых щеток, транспортеров и рыхлителей); проверка натяжения транспортерных лент и приводных цепей; смазка механизмов в соответствии с картой смазки; осмотр противопожарных средств, средств техники безопасности и контрольно-измерительных приборов; внешний осмотр и очистка. Проверка дизель-генератора: натяжения ремней вентиляторов, состояния аккумуляторных батарей, соединений воздухоочистителей, выпускных коллекторов и выхлопной системы, состояния крепления агрегатов. Проверка: наличия или отсутствия подтекания масла и топлива, повышенной вибрации агрегатов и дизель-генератора
ТО (раз в месяц)	Выполнить все операции ЕТО. Дизель-генератор: регулировка блока микропереключателей, очистка и промывка воздухоочистителей, осмотр и проверка работы электродвигателя дистанционного управления дизелем; проверка натяжения ремней вентилятора, очистка и промывка масляных и водяных радиаторов. Автосцепка: проверка замка, замкодержателя и креплений ударно-тяговых устройств автосцепки, осмотр кронштейнов крепления масляного и топливного баков и автосцепок. Тормозная система: проверка тяг и рычагов тормозов, тормозного люфта и тормозных колодок, смазка подвижных элементов, проверка зазора между тормозной колодкой и колесом, проверка исправности и контроль прижатия колодок ручного тормоза. Рабочие органы: проверка работы механизмов и электромоторов привода щеточного питателя, боковых щеток, конвейеров и рыхлителя; очистка и замена боковых щеток и щеток питателя; проверка работы и смазка составных частей транспортеров, смазка блокировочных и запорных приспособлений, шарнирных соединений и подшипниковых узлов. Электрооборудование: проверка исправности электрических машин (синхронных генераторов, электродвигателей постоянного и переменного тока, установленных на дизель-генераторе) и их элементов (щеток, колец, коллекторов и подшипниковых узлов), магнитных пускателей, автоматов и переключателей, проверка исправности световой и звуковой сигнализации. Пневматическая система: проверка состояния компрессора, очистка масляного фильтра и проверка настройки датчика давления; осмотр и смазка пневмоцилиндров; проверка герметичности всех соединений. Контрольно-измерительная аппаратура: внешний осмотр и проверка состояния вольтметров, амперметров, частотомеров и др.) на наличие трещин на стенках корпусов приборов

Схема в целом отражает специфику основных работ по техобслуживанию снегоуборочной техники. Периодическое обслуживание снегоуборочных машин, традиционно разделенное на обслуживания первого, второго и третьего объема (ТО-1, ТО-2, ТО-3), включает перечисленные операции, объем и состав которых зависит от конкретного месяца и меняется в упомянутых рамках.

6.7 Эксплуатация и обслуживание машин для замены путевой решетки и стрелочных переводов

6.7.1 Укладочные краны для замены путевой решетки

При обновлении и капитальном ремонте пути производят разборку старой и укладку новой рельсошпальной решетки. Укладку осуществляют в основном двумя методами: звеньевым (нераздельным) и раздельным. При больших объемах путевых работ используют звеньевые путеукладчики, при малых объемах с раздельной укладкой – стреловые краны.

Работу по укладке новых путевых звеньев проводят укладочные поезда. Каждый поезд состоит из локомотива, укладочного крана, четырехосных платформ с неприводными роликовыми транспортерами, на которых размещают пакеты укладываемых звеньев, и моторных платформ (типа МПД или МПД-2), служащих для передвижения по фронту работ платформ с пакетами звеньев и перемещения пакетов по роликам.

Укладочный кран УК 25/9-18 является головной машиной укладочного поезда и обеспечивает укладку пути звеньями массой до 18 т и длиной до 25 м на шпалах любых типов. Для реализации укладки его оснащают стрелой, четырехкратными полиспастами для подвески звеньев и специальной траверсой, а также дополнительными противовесами, которые обеспечивают продольную устойчивость крана при подъеме звена массой 18 т.

Кран (рисунок 6.40) состоит из самоходной платформы 14 с двумя специальными порталными рамами, на которых монтируют стрелу 3 с грузоподъемным оборудованием. Раму 22 платформы устанавливают на две трехосные тяговые тележки 17, каждая из которых имеет по две крайние приводные колесные пары.

Под рамой 22 размещают два дизель-электрических агрегата 20, каждый из которых состоит из дизеля (мощностью 121 кВт) и генератора постоянного тока (мощностью 100 кВт при напряжении 230 В). Современные модели имеют силовые агрегаты мощностью по 220 кВт.

Силовые установки обеспечивают в рабочем режиме привод кранового, тягового и вспомогательного оборудования, в транспортном – тягового и вспомогательного. Одна силовая установка подает электроэнергию на два электродвигателя привода лебедок 23 для перетягивания пакетов звеньев, кранового электрооборудования на стреле и двух компрессоров тормозной системы, другая –

на четыре тяговых электродвигателя приводных колесных пар ходовых тележек. Каждая ходовая тележка имеет два таких двигателя.

В транспортном режиме при движении своим ходом привод колесных пар моторной платформы осуществляют от силовой установки через электродвигатель, карданный вал и осевой редуктор (при следовании крана в составе поезда редуктор отключают).

В рабочем режиме одну силовую установку используют для привода грузоподъемного оборудования, другую – для передвижения крана с вспомогательным составом.

Кран имеет автосцепки 24, тормозную систему (пневматические и ручные тормоза), а также устройства звуковой и световой сигнализации для обеспечения безопасности его эксплуатации.

На моторной платформе крана размещают грузоподъемное крановое оборудование, смонтированное на стреле 3, установленной на четырех раздвижных каретках 8 порталных стоек 15. Каждую каретку перемещают в стойке три гидроцилиндра 16, обеспечивая таким образом вертикальное перемещение стрелы 3.

Подъем и опускание отдельных рельсовых звеньев производят грузовой лебедкой 6 с помощью захватной траверсы в виде балки 28 с рельсовыми захватами 26 по торцам и полиспастами 27. Перемещение пакета звеньев осуществляют путем его перетягивания тросом одной из двух лебедок 23 по роликовому транспортеру 18.

Стрелу поднимают в рабочее положение (для пропуска пакета 13 необходимой высоты) с помощью кареток 8, которые после подъема на заданную высоту закрепляют стопорными устройствами.

Помимо рабочего положения стрелы (см. рисунок 6.40) имеется два варианта транспортного положения с опущенной стрелой: с симметричным и асимметричным расположением консолей стрелы относительно порталных рам 15.

Правый и левый пульты управления 21 устанавливают сбоку от платформы, съемную кабину управления закрепляют у одного из пультов.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Укладочный самоходный кран является головной машиной путеукладочного или путеразборочного поезда, в комплект которого входят также моторная платформа и четырехосные железнодорожные платформы с оборудованием для закрепления и передвижения по ним звеньев рельсоопальной решетки. Укладку осуществляют следующим образом: пакет звеньев перемещают грузовой лебедкой 23 с грузовой платформы на моторную 14, затем траверсами зацепляют рельсы верхнего звена и поднимают его с помощью грузовой лебедки 6. При этом с помощью тяговой лебедки 10 перемещают вперед грузовые тележки 2 вместе со звеном и опускают звено с помощью грузовой лебедки 6 на балластную призму. После стыковки этого звена с ранее уложенным кран въезжает на него, при этом грузовые тележки 2 возвращаются обратно за следующим звеном.

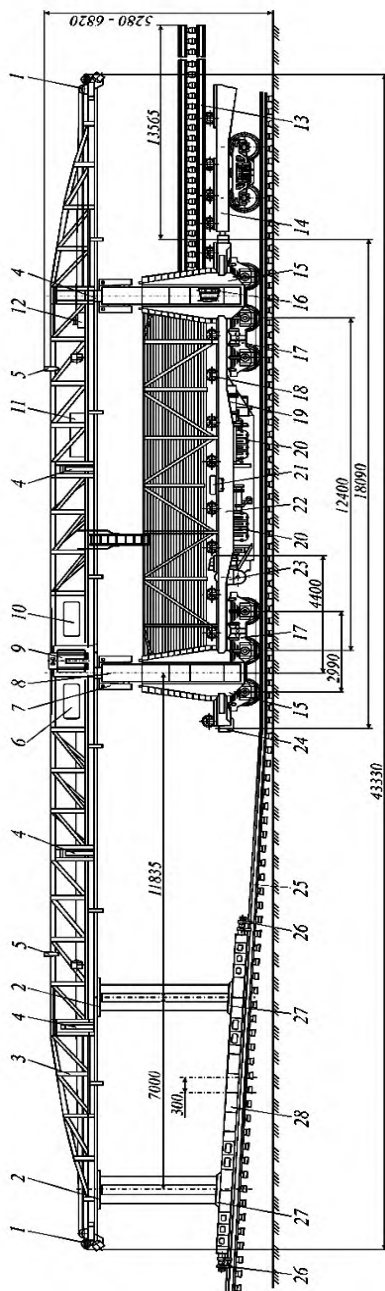


Рисунок 6.40 – Укладочный кран УК-25/9-18:

- 1 – обводные тележки; 2 – грузовые тележки; 3 – стрела; 4 – откидные балки опоры стрелы; 5 – отбойные изолирующие лыжи; 6, 10, 23 – грузовая, тяговая и для перетягивания пакетов звеньев лебедки; 7 – опорные устройства стрелы; 8 – выдвижные каретки; 9 – посты управления крановым оборудованием стрелы; 11 – крановое электрооборудование; 12 – ограничители грузоподъемности; 13 – пакет звеньев путевой решетки; 14 – платформа прикрытия или моторная платформа (УК-25/9-18 МП); 15 – порталные стойки; 16 – гидроцилиндры подъема стрелы; 17 – задняя и передняя ходовые тележки; 18 – роликотный транспортер; 19 – топливные баки; 20 – дизель-электрические агрегаты; 21 – нижние посты управления передвижением крана и лебедками; 22 – рама платформы крана; 23 – жесткая автоцепка; 25 – укладываемое звено путевой решетки; 26 – рельсовые захваты траверсы; 27 – нижние блокные подвески полиспастов траверсы; 28 – балка траверсы

Траверсу через блоковые полиспасты 27 подвешивают на грузовых тележках 2, перемещаемых вдоль стрелы по направляющим. Для укладки звена 25 сначала опускают задний конец траверсы (для стыковки с ранее уложенным звеном), а затем передний. Такую укладку производят с помощью грузовой лебедки 6, имеющей барабаны различного диаметра в переднем ($D_{п6} = 328$ мм) и заднем ($D_{з6} = 362$ мм) полиспастах подвешивания траверсы.

Подъем и продольное перемещение звена также производят полиспастным приводом, кинематическая схема которого представлена на рисунке 6.41. Для железобетонных шпал применяют четырехкратную запасовку полиспастов 13 и 14, для деревянных – двукратную. Максимальное число звеньев в пакете составляет: четыре – с железобетонными, семь – с деревянными шпалами.

Перемещения траверсы 15 и звена ограничивают концевыми выключателями, максимальные усилия подъема – ограничителями грузоподъемности 7 и 8. Для обеспечения продольной устойчивости крана в стороне, противоположной выдвинутой консоли, на платформе устанавливают систему противовесов (общей массой 10,5 т).

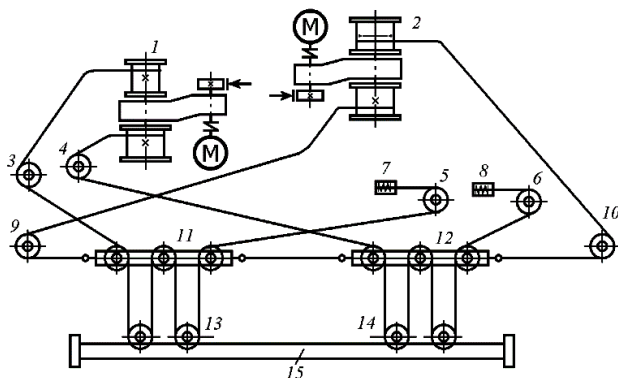


Рисунок 6.41 – Кинематическая схема привода вертикального и горизонтального перемещения траверсы со звеном:

1, 2 – грузовая и тяговая лебедки; 3–6, 9, 10 – обводные блоки; 7, 8 – ограничители грузоподъемности; 11, 12 – грузовые тележки; 13, 14 – нижние блоки подвесок полиспастов; 15 – траверса захвата звена путевой решетчи

Для позиционирования стрелы в рабочем и транспортном положениях используют гидрообъемный привод. Каждую пару порталных стоек оснащают гидронасосом и шестью силовыми гидроцилиндрами, а также механическими передачами. Гидросистема состоит из двух одинаковых комплектов оборудования (для правой и левой сторон машины). В комплект оборудования (рисунок 6.42) входят масляный бак 11, насос 1, золотниковый распределитель 8, разгрузочно-предохранительный клапан 12, манометр 7, дозатор 9, гидроцилиндры 10 и гидролинии 2.

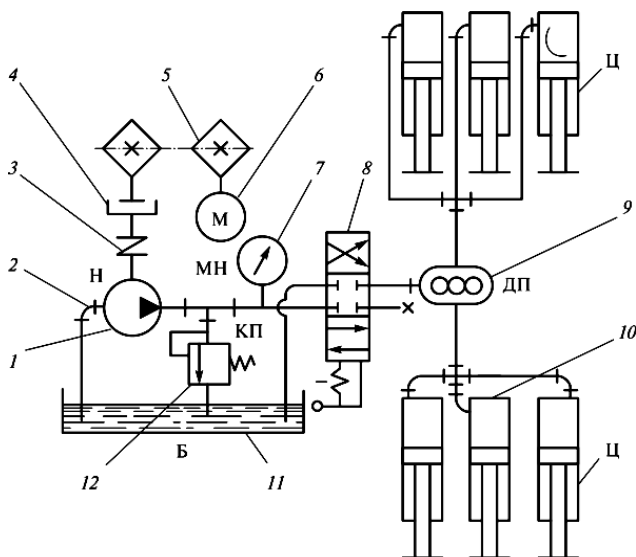


Рисунок 6.42 – Схема привода подъема-опускания стрелы крана УК-25/9-18:

- 1 – поршневой насос; 2 – гидролинии;
- 3 – втулочно-пальцевая муфта;
- 4 – зубчатая муфта; 5 – цепная передача;
- 6 – электродвигатель лебедки; 7 – манометр; 8 – гидрораспределитель;
- 9 – дозатор; 10 – гидроцилиндры; 11 – бак;
- 12 – предохранительный клапан

Все оборудование привода стрелы, кроме гидроцилиндров, располагают под рамой платформы. От электродвигателя 6 лебедки для перетягивания пакетов через втулочно-пальцевую 3 и зубчатую 4 муфты, а также через цепную передачу 5 приводят поршневой насос 1, который через распределитель 8 управляет положением гидроцилиндров 10 и выдвижных кареток. Соответственно, от положения кареток зависит высота подъема стрелы. Для синхронизации перемещения правой и левой кареток используют делитель потока 9 (дозатор шестеренчатого типа).

Последовательность работ по укладке путевой решетки следующая: на моторную платформу крана лебедками перемещают с платформ пакет звеньев, зацепляют тросы за рельсы верхнего звена и поднимают его с помощью грузовой лебедки, затем тяговой лебедкой перемещают грузовые тележки вместе со звеном вперед и опускают звено на балластную призму. После стыковки этого звена с ранее уложенным кран въезжает на него, а грузовые тележки возвращают обратно за следующим звеном.

При разборке пути состав выполняемых операций такой же, но производят их в обратной последовательности.

6.7.2 Укладочные краны для замены стрелочных переводов

Замену стрелочных переводов выполняют двумя методами: во-первых, разборкой старых и сборкой новых переводов на месте эксплуатации с последующей укладкой (с использованием путевого инструмента, специализированного состава, стрелового или укладочного крана); во-вторых, разборкой старых и укладкой предварительно собранных стрелочных переводов. Разборку и укладку переводов на деревянных или железобетонных шпалах (марок 1/11, 1/9 и 1/6) крупными блоками производят комплексом, состоящим из специализированного укладочного крана УК-25СП или УК-25/28СП (головной машины) и двух составов из платформ для транспортировки новых и старых блоков.

Укладочный кран УК-25СП служит для укладки блоков стрелочных переводов (рисунок 6.43). Он предназначен для замены крупными блоками стрелочных переводов (марок 1/9, 1/11 с рельсами Р50 и Р65 на любых шпалах массой не более 20 т), а также для укладки и разборки железнодорожного пути звеньями длиной до 16,2 м на железобетонных и деревянных шпалах.

Его экипажная часть представляет собой моторную платформу, состоящую из рамы 14, которая опирается на две трехосные ходовые тележки 10 с двумя крайними приводными колесными парами. Моторная платформа и крановое оборудование крана унифицированы с соответствующим оборудованием крана УК-25СП. Конструктивное отличие от крана УК-25СП состоит в том, что стрелу 2 закрепляют на двух поворотных порталах 9 симметрично относительно платформы 14, поэтому передняя и задняя консольные части стрелы имеют одинаковую длину.

Под рамой 14 размещают два дизель-электрических агрегата 12, каждый из которых состоит из дизельного двигателя (мощностью 140 кВт) и генератора постоянного тока (мощностью 100 кВт при напряжении 230 В). Силовые установки обеспечивают в рабочем режиме привод кранового, тягового и вспомогательного оборудования, в транспортном режиме – тягового и вспомогательного. Одна из силовых установок подает электроэнергию на два электродвигателя привода лебедок 4 и 6, кранового электрооборудования на стреле и двух компрессоров тормозной системы, другая – на четыре тяговых электродвигателя приводных колесных пар ходовых тележек. Каждая ходовая тележка имеет по два таких двигателя (мощностью по 53 кВт каждый). Привод ведущих колесных пар осуществляют от тяговых двигателей через карданные передачи и осевые редукторы.

Грузоподъемность крана составляет 200 кН при максимальной длине укладываемых и снимаемых блоков 12,5 м.

Порталы 9 (из листового проката) служат опорами для стрелы крана, их устанавливают на платформе через опорно-поворотные устройства, которые с помощью гидроцилиндров 11 обеспечивают рабочее или транспортное положение крана. В рабочем положении при замене звеньев стрелочного перевода порталы устанавливают перпендикулярно продольной оси платформы, в транспортном – под углом 45° к ней, закрепляя транспортными стяжками (для вписывания в габарит подвижного состава 1-Т).

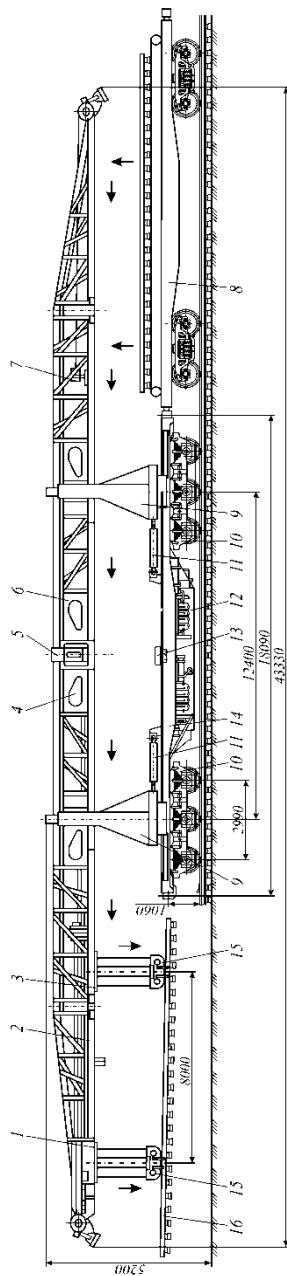


Рисунок 6.43 — Укладочный кран для стрелочных переводов УК-25СП:

1, 3 — грузовые тележки; 2 — стрела; 4, 6 — грузовая и тяговая лебедки; 5 — поворотные порталы; 8 — ходовые тележки; 10 — ограничители грузоподъемности; 11 — платформа с роликовым транспортером; 12 — дизель-электрические агрегаты; 13 — нижние посты управления; 14 — рама платформы крана; 15 — захватные траверсы; 16 — блок стрелочного перевода

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Для захвата звеньев стрелочного перевода на кране устанавливают две траверсы. Траверсы 15 (см. рисунок 6.43) подвешивают к грузовой тележке 1 с помощью подвески через двухкратный полиспаст. Более подробно конструкция траверсы представлена на рисунке 6.44. Траверса – это сварная балка 3 (из листовой стали). На ней закрепляют подвижные рельсовые захваты 2, которыми вручную захватывают звенья за головки рельсов.

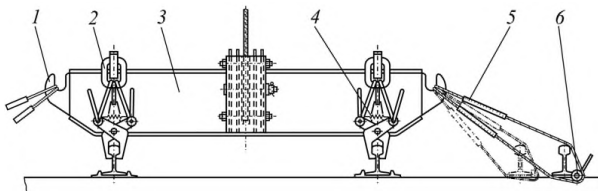


Рисунок 6.44 – Траверса:

1 – крюк; 2 – рельсовый захват; 3 – балка; 4 – пружина; 5 – строп; 6 – башмак

По краям балки 3 располагают крюки 1, которые используют для вспомогательных грузовых операций, а также для страховки от падения блока (за счет его закрепления стропами 5). Во избежание повреждения строп их заводят под подошву рельса через специальный башмак 6.

Для позиционирования стрелы в рабочем и транспортном положениях используют гидропривод (рисунок 6.45), который включает гидронасосы, гидроцилиндры, контролирующую и управляющую аппаратуру. Гидроцилиндры обеспечивают поворот порталов в рабочее положение и возврат в транспортное положение при укладке стрелочного перевода.

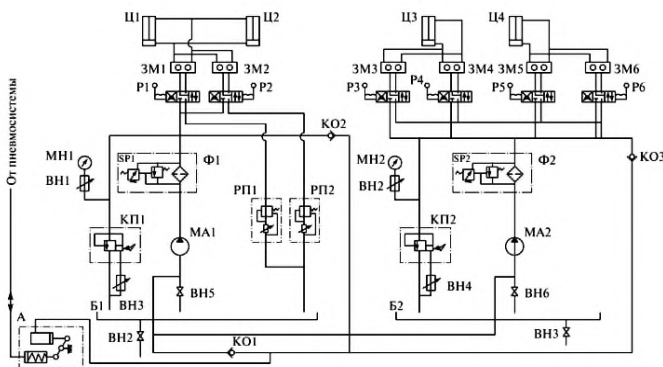


Рисунок 6.45 – Схема гидропривода укладочного крана УК-25СП:

Б1, Б2 – баки; ВН1, ВН4 – гидровентили; ВН5–ВН8 – краны; ЗМ1–ЗМ8 – гидрозамки; КО1–КО3 – обратные клапаны; КП1, КП2 – предохранительные клапаны; МА1, МА2 – насосы; МН1, МН2 – манометры; Н1, Н2 – насосы; Р1–Р6 – гидрораспределители; РП1, РП2 – регуляторы потока; Ф1, Ф2 – фильтры; Ц1–Ц4 – гидроцилиндры;

А – устройство аварийного поворота портала

При выполнении работ по замене звеньев стрелочного перевода порталы устанавливают с помощью гидроцилиндров перпендикулярно продольной оси платформы, а при транспортировке поворачивают и закрепляют транспортными стяжками.

В аварийных ситуациях при выходе из строя дизель-генераторного агрегата или отказе гидропривода механизма поворота портала используют специальное устройство, содержащее аварийный пневмоцилиндр, который работает от тормозной магистрали тепловоза.

В транспортном режиме при движении своим ходом привод колесных пар моторной платформы осуществляют от силовой установки через электродвигатель, карданный вал и осевой редуктор (при следовании крана в составе поезда редуктор отключают).

В рабочем режиме одну силовую установку используют для привода грузоподъемного оборудования, другую – для передвижения крана с вспомогательным составом.

Поворот конца фермы в плане в обе стороны (на угол $\pm 4^\circ$) обеспечивает укладку железнодорожного пути в кривых.

Укладочный кран УК-25/28 СП (рисунок 6.46) предназначен для укладки тяжелых (массой до 30 т и длиной до 25 м) блоков стрелочных переводов. Его экипажная часть, как и всех рассмотренных кранов, включает моторную платформу, рама 21 которой опирается на две типовые трехосные тележки 16 с двумя крайними приводными колесными парами. Они обеспечивают силу тяги в рабочем режиме крана до 100 кН. Кран имеет тормозную систему и автосцепки 14, что позволяет включать его в состав хозяйственного или грузового поезда.

Под рамой 21 в отсеках 18 располагают два дизель-электрических агрегата (каждый из них мощностью 200 кВт), на раме устанавливают крановое оборудование, а также две лебедки 22 для перемещения по составу блоков стрелочных переводов, роликовый транспортер 23 и др.

Крановое оборудование включает телескопическую стрелу, которую устанавливают на поворотных порталных стойках 7 через переднюю 8 и заднюю 10 поперечные балки (с опорно-поворотными узлами). Стойки 7 могут поворачиваться вокруг вертикальной оси, что обеспечивает в рабочем положении пропуск блоков стрелочного перевода внутри стоек, а в транспортном – габарит подвижного состава (за счет свернутых вовнутрь стоек). Телескопическая стрела крана состоит из стационарной 6 и выдвижной 3 секции, управляемой гидроцилиндром 9. Этот гидроцилиндр (с ходом штока 5,0 м) за счет перемещения секции 3 обеспечивает рабочее (а) или транспортное (б) положение, которое закрепляют гидрофиксаторами 5. На стационарной секции 6 со стороны, противоположной зоне работ, устанавливают крановые механизмы, которые выполняют также функции противовесов крана.

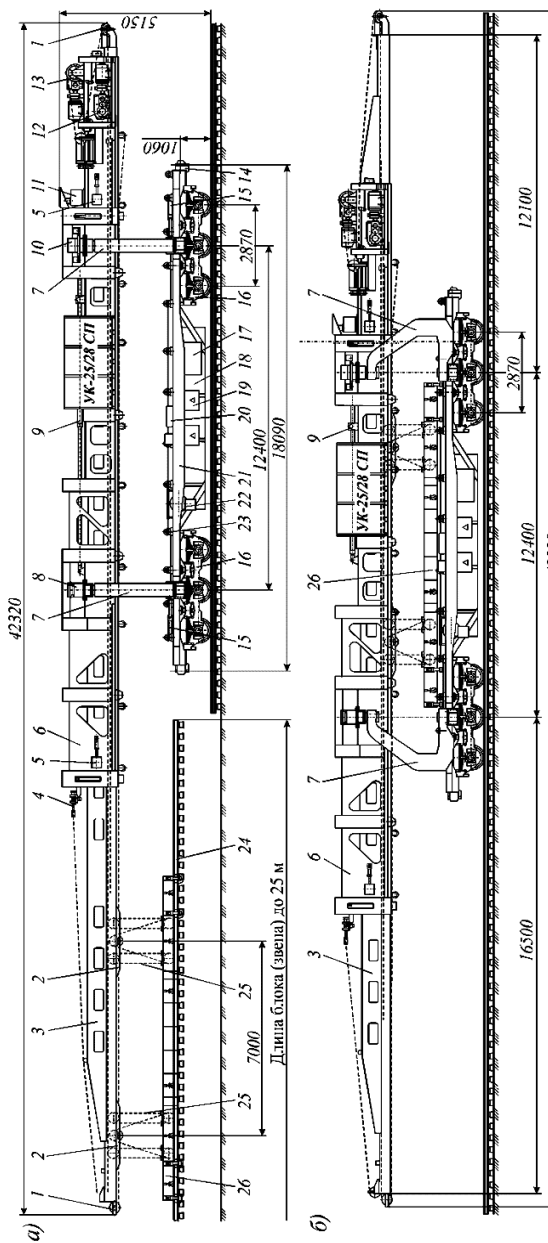


Рисунок 6.46 – Укладочный кран для стрелочных переводов УК-25/28СП:

рабочее (а) и транспортное (б) положения;

- 1 – обводные блоки; 2 – крановые грузовые тележки; 3, 6 – выдвижная и стационарная части стрелы;
- 4 – ограничители грузоподъемности; 5 – фиксаторы передвигаемой стрелы; 7 – поворотные порталные стойки;
- 8, 10 – поперечные балки с шарнирными узлами кронштейнов: передняя с пятником и задняя с механизмом поворота стрелы;
- 9 – гидроцилиндр продольного перемещения стрелы 3; 11, 17 – насосные станции; 12, 13 – грузовые и тяговая лебедки;
- 14 – автоцепки; 15 – гидроцилиндры поворота порталных стоек; 16 – ходовые тележки;
- 18 – отсеки с дизель-электрическими агрегатами; 19 – электрооборудование; 20 – пульт управления (при стойках в транспортном положении); 21 – рама; 22 – лебедка для перетяжки блоков стрелочного перевода; 23 – роликовый транспортер;
- 24 – блок стрелочного перевода; 25 – полипасты; 26 – траверса

Гидропривод крана включает две насосные станции. На платформе устанавливают насосную станцию 17, которая обеспечивает привод механизмов поворота кронштейнов, а на секции 6 стрелы располагают насосную станцию 11 для привода механизмов продольного перемещения 9, поворота в плане 16 и фиксаторов 5 стрелы. Аварийное приведение рабочего оборудования крана в транспортное положение выполняют гидронасосом с приводом от пневмомотора.

Для пропуска при продольном перемещении блока стрелочного перевода порталные стойки поворачиваются в плане гидроцилиндрами 15 перпендикулярно продольной оси платформы, образуя широкий проем. В транспортном положении стойки повернуты вдоль платформы (см. рисунок 6.46, б), что обеспечивает вписывание укладочного крана в габарит 1-Т.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Захват блока стрелочного перевода 24 производят специальной траверсой 26, имеющей четыре ряда поперечных балок с крюковыми захватами рельсов под подошву. Каждый крюковой захват может сдвигаться по поперечной балке и фиксироваться на ней вручную в требуемом положении относительно рельса через зубчатую рейку.

Траверсу 26 подвешивают на грузовых тележках 2 (см. рисунок 6.46, а) через два восьмикратных полиспаста 25, которые через систему запасовки канатов соединяют с двумя грузовыми лебедками 12 с одной стороны, а с другой – с ограничителями грузоподъемности 4. Передвижение тележек 2 вместе с траверсой 26 вдоль стрелы 3 осуществляют двухбарабанной тяговой лебедкой 13 также через запасовку канатов.

Кинематику перемещения грузовых тележек можно оценить по рисунку 6.47. Передвижение грузовых тележек 9 (см. рисунок 6.47, а) осуществляют следующим образом. От электродвигателя 4 (мощностью 22 кВт) через трехступенчатый редуктор приводят двухбарабанную тяговую лебедку 7, которая обеспечивает с помощью блочно-канатного (1–3) и натяжного устройства 8 перемещение тележек 9. Их подъем и опускание (см. рисунок 6.47, б) производят вместе с траверсой 13 от электродвигателей 4 через трехступенчатые редукторы 6, грузовые лебедки 7 и полиспасты 12. Для контроля грузоподъемности используют ограничители 10.

Для обеспечения точности монтажа блока стрелочного перевода стрелу крана поворачивают в плане двумя гидроцилиндрами вокруг пятника (шарнирного узла) на угол до $\pm 4^\circ$. При повороте заднюю часть стрелы перемещают в поперечном направлении по балке через скользуны.

Когда порталные стойки 7 находятся в транспортном положении (см. рисунок 6.46), краном управляют через пульт 20, в рабочем положении используют выносной пульт.

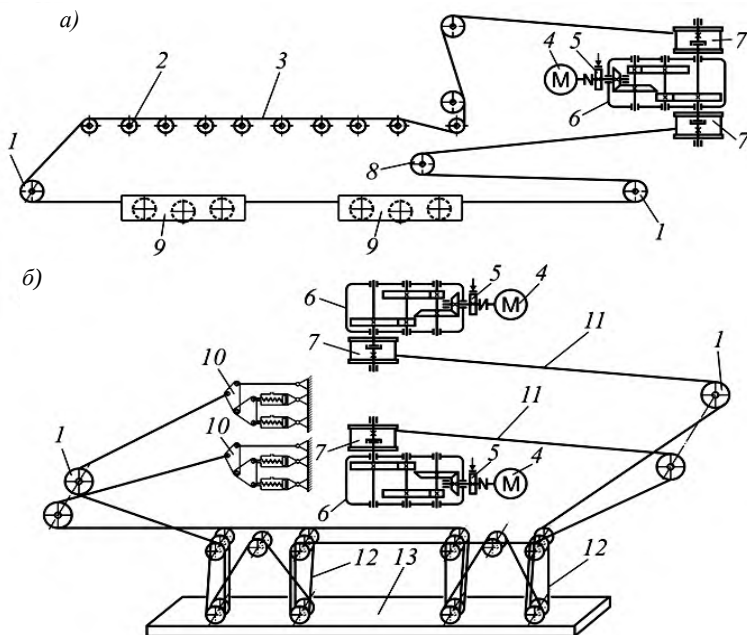


Рисунок. 6.47 – Кинематические схемы и схемы запасовки канатов:

тяговой (а) и грузовых лебедок (б):

- 1, 2 – блоки; 3, 11 – тяговый и грузовые канаты; 4 – электродвигатели;
5 – тормоза; 6 – редукторы; 7 – барабаны; 8 – натяжное устройство; 9 – грузовые тележки;
10 – ограничители грузоподъемности; 12 – полиспасты; 13 – траверса

Кран УК-25/28СП является наиболее универсальным, поскольку обеспечивает проведение комплекса работ, связанных с заменой путевой решетки и стрелочных переводов: во-первых, (по основному назначению) укладку стрелочных переводов крупными блоками; во-вторых, укладку или разборку 25-метровых звеньев с железобетонными шпалами на магистральных путях; в-третьих, замену железнодорожных путей под мостами, путепроводами, тоннелями, высота которых находится в пределах 5400–6000 мм, поскольку он работает без подъема стрелы. Так как он имеет телескопическую стрелу с увеличенной длиной рабочей консоли, с его помощью возможна замена любых современных стрелочных переводов.

Все основные узлы, влияющие на работоспособность и безотказность работы крана, дублированы (дизель-генераторные, компрессорные установки, лебедки и проч.) и унифицированы с узлами кранов УК-25СП и УК-25/9-18, проверенными длительной эксплуатацией. Поэтому оборудование крана УК-25/28СП обладает высокими показателями надежности и работоспособности.

На кране УК-25/28СП используют генераторы переменного тока, которые обеспечивают привод кранового оборудования (тяговой и грузовой лебедок, лебедки перемещения пакетов, компрессорных установок), а также через выпрямительное устройство привод четырех тяговых двигателей постоянного тока. Мощность каждого из двух генераторов составляет 100 кВт (при напряжении 230 В). Применение электрооборудования переменного тока вместо постоянного (как на кране УК-25СП), также повышает надежность его узлов и агрегатов.

В таблице 6.22 приведены характеристики упомянутых укладочных кранов, работающих вместе со специализированным подвижным составом для укладки стрелочных переводов крупными блоками.

Таблица 6.22 – Технические характеристики укладочных кранов для замены стрелочных переводов

Параметр	УК-25-9/18	УК-25СП	УК-25/28СП
Грузоподъемность, кН	390	200	300
Максимальная длина блока, м	–	12,5	25,0
Мощность силовой установки, кВт	121×2	140×2	200×2
Мощность генератора, кВт	100×2		
Максимальная ширина блока, м	–	5,5	5,5
Максимальная скорость, км/ч:			
– своим ходом	20		
– в составе грузового поезда	80		
Конструктивная масса, т	102	98	138

6.7.3 Моторные платформы

Моторные платформы используют для решения нескольких задач: во-первых, в качестве тяговой подвижной единицы для промежуточной и основной частей состава относительно небольшой эксплуатационной массы; во-вторых, для перетягивания пакетов звеньев вдоль состава; в-третьих, для маневровых работ на производственных базах при формировании разборочного и укладочного поездов.

Базовой моделью моторных платформ является МПД, ее развитием – платформа МПД-2 и модификации. Моторная платформа МПД-2 отличается от базовой более высокими техническими характеристиками: грузоподъемностью, силой тяги, тяговым усилием лебедки, скоростью транспортирования, а также возможностью перемещения в вертикальном направлении кабины управления (таблица 6.23). Более совершенной моделью является машина серии МПД-2М1, которая имеет комфортабельную кабину с совмещенным пультом управления и более высокую скорость перетяжки пакетов тяговой лебедкой.

Таблица 6.23 – Технические характеристики моторных платформ

Параметр	МПД	МПД-2	МПД-2М1	ПТЛ-2Л
Мощность силовой установки, кВт: – дизель-электрического агрегата – генератора постоянного тока	121+121 100	120+120 100	120+120 100	48 –
Грузоподъемность платформы, т	40	60	60	60
Лебедка передвижения пакетов: – скорость каната, м/ч – тяговое усилие на канате, кН – мощность двигателя, кВт	0,19 29,4 12	0,28 58,8 24	– 52,9 –	0,28 58,8 24
Скорость, км/ч: – в рабочем режиме – в составе поезда	40 80	30 80	30 80	– 100
Максимальная сила тяги, кН	63	90	127	90
Длина, мм	16240	16320	16320	16320
Общая масса, т	40,0	41,6	47,0	40,0

Одной из последних модификаций машины МПД-2 является платформа с тяговой лебедкой ПТЛ-2Л. Данная машина отличается от базового варианта тем, что не имеет тягового привода, т. е. является самоходной. ПТЛ-2Л оснащают одной дизель-электрической установкой мощностью 48 кВт, которой вполне достаточно, чтобы обеспечить энергией все механизмы платформы. При этом ПТЛ-2Л имеет большую производительность благодаря применению тяговых лебедок повышенной канатоемкости, что позволяет ей обслуживать большее количество платформ УСО.

На отечественной железной дороге наиболее распространенной платформой является МПД-2, которая в качестве тяговой единицы путеукладочного или путеразборочного поезда перетягивает пакеты рельсовых звеньев с железобетонными или деревянными шпалами и рельсами (Р43– Р75) длиной до 30 м по оборудованным роликовыми транспортерами платформам к укладочному крану и от разборочного крана.

Платформа (рисунок 6.48) состоит из рамы 9, которая опирается на две тяговые тележки 8 с приводными колесными парами, двух дизель-генераторных установок 4, 5 и двух постов управления 11, трансмиссии, роликового конвейера 6, двух лебедок 10 для перетягивания пакетов рельсовых звеньев, пневматического, гидравлического и электрооборудования. Она имеет пневматическую тормозную систему от компрессора 2, автосцепки 7 с поглощающим аппаратом и необходимые устройства сигнализации и освещения.

Под платформой размещают два дизель-электрических агрегата постоянного тока, включающие дизели 4 (мощностью 120 кВт каждый), которые через муфты соединяют с генераторами постоянного тока 5 (мощностью 100 кВт при напряжении 230 В).

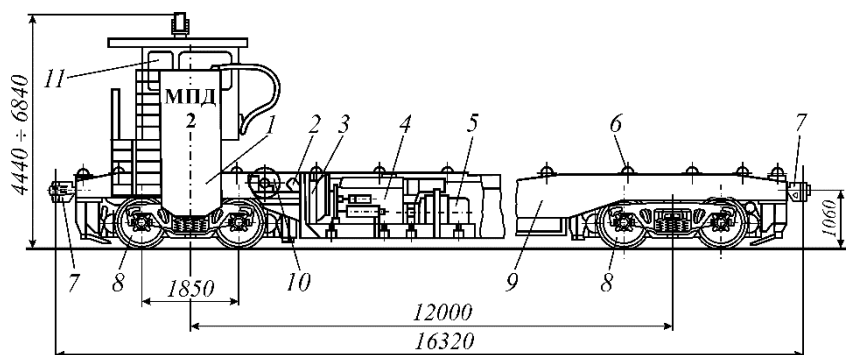


Рисунок 6.48 – Моторная платформа МПД-2:

1 – порталы стойки с гидроцилиндрами вертикального перемещения кабины управления; 2 – компрессор; 3 – радиатор; 4 – дизель; 5 – генератор постоянного тока; 6 – роликовый транспортер для пакетов звеньев; 7 – автосцепки с поглощающим аппаратом; 8 – ходовые тележки с приводными колесными парами; 9 – рама; 10 – лебедки для перетягивания пакетов; 11 – кабина управления

Силовые установки обеспечивают питание постоянным током электродвигателей ходовых тележек, лебедок и кранового оборудования. Один из агрегатов используют для перемещения платформы, другой – для перетягивания пакетов рельсовых звеньев. Оба агрегата могут быть использованы для тяги состава с приводом на обе ходовые тележки. Дизель-электрические агрегаты платформы унифицируют с силовым оборудованием укладочного крана.

Привод колесных пар тяговых тележек от силовой установки осуществляют через электромеханическую систему, которая включает тяговый электродвигатель, карданные передачи и осевые редукторы.

По всей длине платформы на настиле рамы устанавливают два ряда роликов, образующих роликовый конвейер 6. По краям платформ ролики располагают чаще, чем посередине, что облегчает переход пакета с одной платформы на другую.

Особенности технологии путевых работ и эксплуатации. Управление рабочими процессами, передвижением платформы и дизелями производят из кабины управления 11. Кабину располагают на портале платформы, вертикальные телескопические стойки которого закрепляют на платформе и перемещают по вертикали гидроцилиндрами, размещенными в порталных стойках 1 (подобно гидроцилиндрам и кареткам в укладочном кране УК-25/9-18). Кроме кабины управления, на портале устанавливают краны машиниста, механизм дистанционного управления дизелем, гидравлическую панель с распределителем и пневмосистему, к задней стенке кабины прикрепляют насосную станцию.

В рабочем положении кабину поднимают гидроцилиндрами на 2300 мм для пропуска перетягиваемых пакетов звеньев, которые перемещают по роликовому транспортеру 6 с помощью одной из лебедок 10. Ее высота в рабочем положении достигает 6840 мм.

В транспортном положении кабину управления гидроцилиндрами опускают, при этом ее высота от уровня головки рельса составляет 4540 мм.

Кабина имеет систему нормализации микроклимата с вентиляционно-приточным агрегатом и фильтрами, обеспечивающими подачу очищенного воздуха, а также автономный обогреватель и кондиционер. Кроме того, платформу оборудуют системой обнаружения и тушения пожара силовой установки.

Каждую ходовую тележку оборудуют пневмотормозным устройством, включающим тормозной цилиндр, два колодочных тормоза с рычажной передачей и ручной тормоз, служащий для торможения платформы в аварийных ситуациях при неработающем пневмооборудовании.

На обоих нижних постах управления платформы устанавливают краны машиниста для управления торможением тяговой единицы и прицепленных к ней платформ. В крайних отсеках платформы размещают главные резервуары питательной пневмомагистрали. В торцевых частях платформы устанавливают краны экстренного торможения, что дает возможность немедленно затормозить состав обслуживающему персоналу, находящемуся в зоне стыковки звеньев. На концах платформы устанавливают четыре песочницы.

В ряде моделей платформы (например, в МПД-2М1) используют один совмещенный пульт управления (вместо двух в старой кабине), что позволяет машинисту управлять самоходной моторной платформой при реверсировании, не переходя при этом с одного пульта к другому, и тем самым повысить маневренность машины. Кроме этого, платформы оборудуют воздухораспределителем для подключения тормозной системы тяговой единицы к воздушной магистрали грузового поезда.

Пневмооборудование моторной платформы используют для приведения в действие тормозов, подачи песка под колеса для увеличения их сцепления с рельсами и звукового сигнала. Пневматическая тормозная система платформы, схема которой представлена на рисунке 6.49, включает четыре магистрали: во-первых, питательную (жирная линия) – для подачи сжатого воздуха в тормозную магистраль; во-вторых, тормозную (тонкая линия) – для торможения тяговой единицы с прицепленными к ней платформами; в-третьих, магистраль тормозных цилиндров (пунктирная линия) – для торможения тяговой единицы краном вспомогательного тормоза; в-четвертых, вспомогательную (штрихпунктирная линия) – для обеспечения работы песочниц, тифона и крана машиниста.

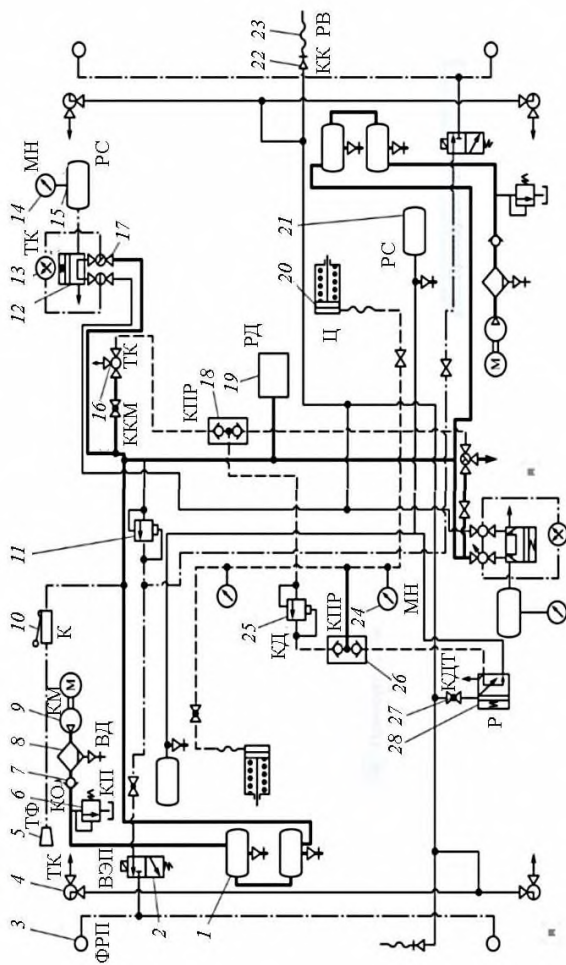


Рисунок 6.49 – Схема пневмосистемы платформы МПД-2:

1 – главный резервуар; 2 – электропневматический клапан песочниц; 3 – форсунка песочниц;

4 – кран экстренного торможения; 5 – тифон; 6 – предохранительный клапан; 7 – обратный клапан; 8 – воздухоочиститель;

9 – компрессор; 10 – клапан сигнала; 11, 25 – клапаны максимального давления; 12 – тормозной кран; 13, 14, 24 – манометры;

15 – уравнительный резервуар; 16 – кран вспомогательного тормоза; 17 – разобщительный кран; 18, 26 – переключательные клапаны;

19 – регулятор давления; 20 – тормозной цилиндр; 21 – запасной резервуар; 22 – концевой кран; 23 – рукав;

27 – кран; 28 – воздухоотраститель; ВЭП – электропневматический клапан песочниц;

К – клапан тифона; КД – клапан максимального давления; КДП – кран; КК – концевой кран; ККМ – разобщительный клапан;

КМ – компрессор; КО – обратный клапан; КП – предохранительный клапан; КТР – переключательный клапан; М – двигатель;

МН – манометры; Р – воздухоотраститель; РВ – рукав РД – регулятор давления; РС – резервуар; ТК – тормозной кран;

ТФ – тифон; ФРП – форсунка песочницы; Ц – пневмоцилиндр

Как видно из схемы, по питательной магистрали сжатый воздух подают от компрессора 9 (через воздухоочиститель 8, обратный 7 и предохранительный 6 клапаны) в главные резервуары 1, а затем к крану машиниста и крану вспомогательного тормоза.

По тормозной магистрали воздух идет от крана машиниста к концевым кранам 22, оборудованным рукавами 23, которые служат для сообщения или разобщения магистрали прицепных платформ к воздухораспределителю 28, запасному резервуару 21 и к кранам экстренного торможения 4 (они предназначены для остановки поезда в случае опасности его схода с рельсов).

В магистрали тормозных пневмоцилиндров воздух поступает в цилиндры 20 от крана вспомогательного тормоза через клапаны 18 и 26, а от воздухораспределителя 28 – через клапан 26. Каждый тормозной цилиндр 20 соединяют с воздушной магистралью резиновым рукавом, а для отключения цилиндра при его осмотре имеются разобщительные краны. По вспомогательной магистрали воздух подают к клапану сигнала 10 воздушных тифонов 5 и через электропневматические клапаны 2 к форсункам 3 песочниц, а также к пневмоцилиндру дистанционного управления лебедки для передвижения пакетов (на схеме не показан).

Техническое обслуживание укладочных кранов и моторных платформ. Перечень работ, проводимых при техническом обслуживании укладочных кранов (и моторных платформ) примерно одинаков. Напомним, что их техобслуживание проводят по системе ППР для обеспечения постоянной работоспособности и увеличения срока службы за счет своевременного выявления и устранения причин отказов узлов и агрегатов. При этом, как и всегда, руководствуются требованиями стандарта организации СТП БЧ 56.428.

Техобслуживание комплектующего оборудования производят в сроки и в объемах, указанных в заводских инструкциях на это оборудование. Специфика конструкции укладочных кранов и моторных платформ состоит в наличии подъемно-транспортного и погрузочно-разгрузочного оборудования, техобслуживание которого является приоритетным направлением технической эксплуатации этих машин. Традиционное техобслуживание дополняют оценкой работоспособности в отсутствие недопустимого износа и деформации грузозахватных устройств траверсы; выполнением очередных испытаний грузоподъемного оборудования, освидетельствованием ходовых частей, тормозного оборудования и контрольно-измерительных приборов.

В таблице 6.24 представлена схема основных операций по техобслуживанию. Полный пакет операций представлен в подробных инструкциях предприятия производителя путевых работ, в которых учтены требования изготовителей соответствующих комплектующих и машин в целом.

Таблица 6.24 – Сводная схема технического обслуживания укладочных кранов и моторных платформ

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов
ЕТО (ежедневно)	Осмотр и проверка: комплектности инструмента, принадлежностей и оборудования; состояния привода (силовой установки, трансмиссии и системы управления); кранового оборудования; ходовой системы (ходовых тележек, колесных пар, буксовых узлов, рессор); тормозного оборудования и автосцепок; гидро-, пневмо- и электрической систем, сигнализации и освещения; наличия и уровня рабочих жидкостей в баках, картерах и резервуарах агрегатов и систем
ТО-1 (10 км разбираемого или укладываемого пути или 20 уложенных стрелочных переводов)	Проведение операций ЕТО. Проверка состояния: дизеля, насосных установок, генератора и компрессора (в соответствии с инструкцией по их эксплуатации); регулирование тормозной системы (пневматического и ручного тормозов, колодочных тормозов); грузоподъемного и рабочего оборудования; электрооборудования (коллекторов генераторов и электродвигателей, контактов переключателей, контроллеров, контакторов, выключателей, электропроводки)
ТО-2 (20 км разбираемого или укладываемого пути или 40 уложенных стрелочных переводов)	Выполнение всех операций ТО-1. Проверка состояния: дизеля и других агрегатов силовой установки (в соответствии с инструкцией по их эксплуатации). Смазка агрегатов и узлов (в соответствии с картой и таблицей смазки)

6.8 Тягово-энергетические установки для путевых машин

Наиболее эффективным средством для обеспечения тяги и энергоснабжения несамостоятельных путевых машин являются универсальные тягово-энергетические модули с электромеханической или гидромеханической силовой передачей. В путевых хозяйствах отечественной железной дороги в основном используют модули ПТМ-630 и ТЭУ-630. Их трансмиссии позволяют обеспечивать заданную тягу как в рабочем режиме (при скоростях от 0,05 до 1,5 км/ч), так и в транспортном. Модули могут также использоваться как тяговые единицы при выполнении маневровых и вывозных работ, а также для энергообеспечения стационарных объектов с потреблением переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 400 или 220 В.

Экипаж ПТМ-630 (рисунок 6.50) главной рамой опирается на две двухосные тяговые тележки 5. Он включает две кабины 1 управления, кузов капотного типа, автосцепки 3, путеочистители 4, сигнальные устройства и приборы безопасности.

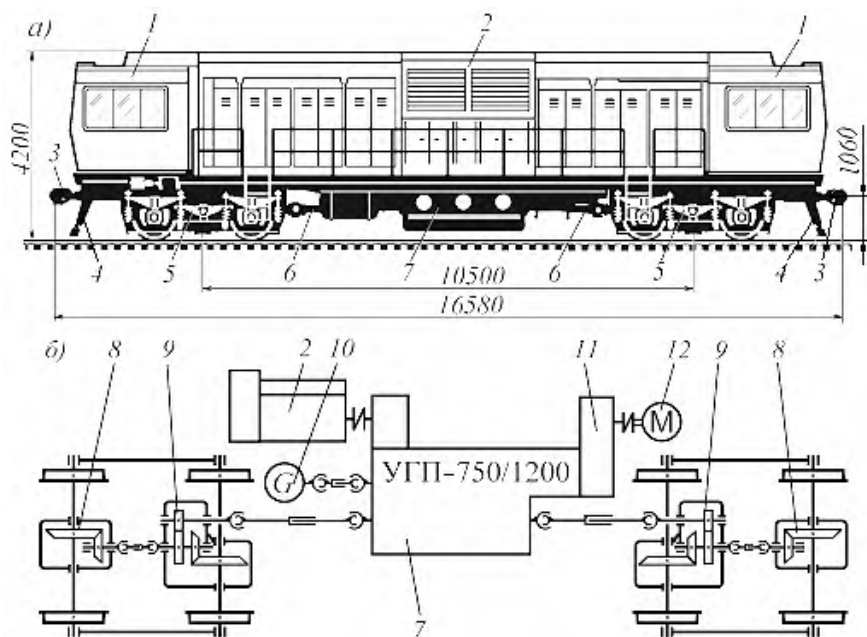


Рисунок 6.50 – Путевая тяговая машина ПТМ-630:

а – общий вид тягового модуля; *б* – структурная система привода;

1 – кабины управления; 2 – дизель-генераторный агрегат; 3 – автосцепки; 4 – путеочиститель;

5 – тяговые тележки; 6 – трансмиссия; 7 – унифицированная гидропередача УГП-750/1200;

8 – редуктор осевой одноступенчатый; 9 – редуктор осевой двухступенчатый;

10 – главный генератор; 11 – понижающий редуктор; 12 – тяговый двигатель

Дизель-генераторный агрегат 2 мощностью 630 кВт через трансмиссию 6 обеспечивает передачу крутящего момента на колесные пары тяговых тележек 5 для перемещения путевых комплексов в рабочем и транспортном режимах.

В рабочем режиме привод колесных пар тяговых тележек 5 осуществляют через электрогидромеханическую систему, которая включает тяговый электродвигатель 12, редуктор 11, унифицированную гидромеханическую передачу 7, карданные валы и осевые редукторы 8 и 9. Питание тягового двигателя 12 производят от генератора 10. Сила тяги в рабочем режиме составляет: при повышенной скорости (0,6–1,2 км/ч) – 120 кН, при пониженной (ползучей) (0,06–0,6 км/ч) – 240 кН.

В транспортном режиме привод колесных пар выполняют от дизеля 2 через унифицированную гидромеханическую передачу (УГП-750/1200) 7, карданные валы 6 и осевые редукторы 8 и 9. Применение гидромеханической передачи обеспечивает наиболее полное и экономичное использова-

ние мощности двигателя во всем диапазоне скоростей транспортного режима.

Тягово-энергетическую установку ТЭУ630 используют также для энергоснабжения несамоходных путевых машин, в том числе для работы в щебнеочистительных комплексах и других машинах. Она представляет собой четырехосный двухтележечный экипаж, объединенный главной рамой, с двумя кабинами, капотным кузовом над машинным отделением и др. На кузове и кабинах предусматривают опоры для установки транспортера, переправляющего сыпучие материалы между путевой машиной и вагонами спецсостава.

Силовая установка состоит из дизель-генератора с выпрямительной установкой, двух тяговых двигателей, подвешенных к главной раме, от которых тяговое усилие с преобразованием передают через редуктор, карданные валы и осевые редукторы на колесные пары. Мощность по дизелю составляет 630 кВт, при этом мощность для энергоснабжения путевой машины не превышает 470 кВт.

Тормозная система предусматривает торможение тяговой единицы и прицепленного состава посредством крана машиниста, а только тяговой единицы – краном вспомогательного тормоза из управляющей кабины тягово-энергетической установки. Привод ручного тормоза устанавливают в каждой кабине. Компрессор пневмосистемы, имеющий электрический привод, устанавливают в машинном отделении.

Таким образом, основное различие модулей ТЭУ630 и ПТМ630 состоит в конструкции ходовой трансмиссии: у ПТМ630 она электрогидромеханического типа, у ТЭУ630 – электромеханического. Характеристики модулей приведены в таблице 6.25.

Таблица 6.25 – Технические характеристики тяговых модулей

Параметр	ПТМ-630	ТЭУ-630
Мощность силовой установки, кВт	630	630
Сила тяги, кН: – в транспортном режиме – в рабочем режиме – при эксплуатации, реализуемая по условиям сцепления	235,4 244,8 180,5	112,2 235,4 –
Скорость движения в рабочем режиме, км/ч: – «ползучая» – повышенная	0,06–0,60 0,60–1,20	0,05–0,50 0,50–4,60
Длина по осям автосцепок, мм	16580	16300
Общая масса, т	80	90
Минимальный радиус проходимых кривых, м	120	125

Техническое обслуживание тягово-энергетических модулей. Его проводят по системе ППР, руководствуясь требованиями упомянутого стандарта предприятия СТП БЧ 56.428. Техническое обслуживание является основным профилактическим мероприятием, обеспечивающим нормальную эксплуатацию модулей.

Ежесменное техобслуживание, а также периодическое техобслуживание (ТО-1 и ТО-2) содержат оптимальный объем работ (в том числе смазывание трущихся частей, контроль за ходовой частью, тормозным оборудованием, сигнализацией, системами управления и др.), обеспечивающих безопасность движения и предупреждающих неисправности машины в эксплуатации.

Ежесменное техобслуживание выполняет обслуживающая бригада (машинист и помощник машиниста). Периодическое техобслуживание (ТО-1 и ТО-2) выполняют ремонтные бригады по месту приписки тяговой установки. При выполнении ТО-2 используют переносные или стационарные средства контроля и диагностирования, аттестованные в установленном порядке. На тягово-энергетических установках, оборудованных встроенными (бортовыми) устройствами диагностирования, используют данные, полученные с помощью таких устройств.

Техническое обслуживание автосцепных устройств, тормозного оборудования, колесных пар, АЛСН, КЛУБ, устройств контроля бдительности машиниста и другого оборудования производят по соответствующим инструкциям.

Специфика конструкции тягово-энергетических модулей должна обеспечить необходимые тяговые усилия в поездном и транспортном режимах при перемещении единиц несамоходного СПС. Проведение ТО должно обеспечивать высокую техническую готовность модулей, их бесперебойную и безаварийную работу в соответствии с графиком движения поездов. Главными объектами техобслуживания являются составные части привода хода модулей, в том числе силовая установка и трансмиссия, а также другие узлы и агрегаты, связанные с приводом хода. Особому контролю подвергают ходовые части, тормозное оборудование, устройства сигнализации и радиосвязи, т. е. все узлы и агрегаты, исправное состояние которых обеспечивает безопасность движения поездов.

В таблице 6.26 представлена схема основных операций по техобслуживанию, которые выполняют в полном соответствии с рекомендациями производителя машин.

Полный пакет операций приведен в подробных инструкциях по эксплуатации различных агрегатов и систем машины предприятия производителя путевых работ, в которых учтены требования изготовителей машины и комплектующих к ней.

Таблица 6.26 – Схема технического обслуживания тягово-энергетических модулей

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов. Проверка средств пожаротушения, автоматической пожарной сигнализации
ЕТО (ежедневно)	Осмотр и проверка: состояния дизель-генератора; ходовой системы (колесных пар, реактивных тяг, карданных валов, тормозного оборудования, осевых и режимного редукторов, автосцепок); компрессора и пневмосистемы тормозного оборудования; электрооборудования, сигнализации, освещения и контрольно-измерительных приборов; соединения масляных, водяных и топливных трубопроводов. Смазка: узлов и агрегатов в соответствии с картой смазки Заправка (или дозаправка): водой, маслом, топливом, песком
ТО-1 (2 месяца или 400 часов работы дизеля)	Проведение операций ЕТО. Осмотр: механической части локомотива (бандажей колесных пар, рессорного подвешивания, автосцепных устройств, предохранительных устройств). Проверка состояния: тормозной рычажной передачи (в соответствии с Инструкцией по эксплуатации тормозов подвижного состава); буксовых узлов колесных пар (включая температуру их нагрева). Контроль работы: тяговых электродвигателей, дизель-генераторной установки, вспомогательных машин, коммутационных аппаратов, автотормозов. Проверка наличия и исправности: комплектности инструмента, инвентаря, запасных частей и материалов, приспособлений для сборки аварийных схем, сигнальных принадлежностей, защитных средств и др.
ТО-2 (6 месяцев или 1200 часов работы дизеля)	Выполнение всех операций ТО-1 Проверка состояния: дизеля, генератора, компрессора и других агрегатов силовой установки (в соответствии с инструкцией по их эксплуатации), а также их составных частей (при необходимости – замена). Смазка агрегатов и узлов (в соответствии с картой и таблицей смазки). Осмотр: колесных пар, буксов, рессорного подвешивания; крепления частей экипажа; уровня и плотности электролита аккумуляторных батарей, форсунок песочниц, подачи песка и др.

6.9 Специализированные машины для путевых работ (моторно-рельсовый транспорт)

Отдельную группу составляют несъемные подвижные единицы на железнодорожном ходу многоцелевого применения (моторно-рельсовый транспорт несъемного типа). К ним относятся мотовозы и автотомтрисы (от франц.

automotrice – самодвижущаяся) с автономным двигателем и тяговым приводом, которые используют для выполнения различных путевых работ небольшого объема. Их целесообразно классифицировать по следующим признакам:

- 1) *по назначению* – маневровые, погрузочные, транспортные (пассажирские и грузовые), монтажные, специальные;
- 2) *по способу перемещения* – самоходные и несамоходные;
- 3) *по типу привода хода* – с механическим, гидравлическим и электрическим.

Мотовозы и автомотрисы имеют ряд общих узлов и агрегатов, к которым относятся:

- *экипаж* (рама, колесные пары, кабины управления, буксы, рессорное подвешивание, автосцепки и др.);
- *силовая установка*, (дизельный двигатель или дизель-генераторная установка);
- *трансмиссия* (механическая, гидромеханическая или электромеханическая);
- *рабочее оборудование* (краны, краны-манипуляторы, подъемные вышки, буровые установки и др.);
- *дополнительное оборудование* (тормозные устройства, системы обеспечения безопасности движения, приборы сигнализации, освещения и др.).

На постсоветском пространстве наиболее распространенным моторно-рельсовым транспортом являются машины на базе погрузочно-транспортного мотовоза МПТ. К ним относятся модификации мотовозов и специальных автомотрис, при разработке которых широко используют унифицированные узлы и агрегаты. В таблице 6.27 представлены технические характеристики мотовозов, ряд моделей которых эксплуатируется на отечественной железной дороге.

Мотовоз МПТ-4 является одним из наиболее распространенных типов машин моторно-рельсового транспорта. На рисунке 6.51 представлена конструктивная схема мотовоза, который имеет многофункциональное применение, включая погрузочно-разгрузочные работы, перевозку рабочих бригад и грузов (в том числе длинномерных) на собственной и прицепных платформах, обеспечение потребителей электроэнергией (напряжением 380/220В при частоте 50 Гц) и сжатым воздухом (при давлении до 0,8 МПа), а также маневровые работы на железнодорожных станциях.

Мотовоз – это самоходный двухосный экипаж, платформа 20 которого опирается через буксовое рессорное подвешивание на переднюю 23 и заднюю 17 приводные колесные пары. На передней консоли платформы располагают несущую кабину управления 25 с грузоподъемным краном, на задней – дизель-генераторный агрегат 12 (мощностью 220 кВт), в котором мощность дизеля передают через клиноременную передачу на трехфазный генератор. Мотовоз имеет также тормозную пневмосистему 22, автосцепки 13 жесткого типа, путеочистители, песочницы 16 и систему безопасности движения (КЛУБ УП) 14.

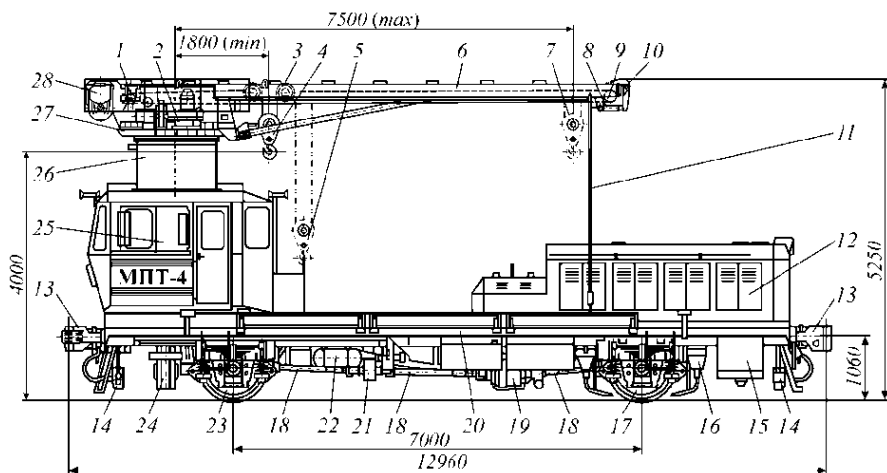


Рисунок 6.51 – Мотовоз погрузочно-транспортный МПТ-4:

1 – тяговая лебедка; 2 – привод поворота стрелы; 3 – грузовая тележка; 4, 7 – крайние положения крюковой обоймы; 5 – транспортное положение крюковой обоймы; 6 – стрела крана; 8 – поводок; 9 – обводной блок; 10 – ограничитель грузоподъемности; 11 – транспортные распорки; 12 – дизель-генератор; 13 – автосцепки; 14 – катушки КЛУБ УП; 15 – топливный бак; 16 – песочница; 17, 23 – приводные колесные пары; 18 – карданные валы; 19 – универсальная гидропередача УГП-300; 20 – платформа; 21 – промежуточная опора; 22 – пневмосистема; 24 – аутригеры; 25 – кабина управления; 26 – опорно-поворотный круг; 27 – основание крана; 28 – грузовая лебедка

На каркасе кабины 25 через опорно-поворотный круг 26 устанавливают консольный кран с изменяемым вылетом стрелы 6 грузоподъемностью 5 т (при максимальном вылете стрелы 7,5 м – 1,2 т). Кран монтируют на опоре 26, имеющей электромеханический привод механизма поворота 2. Кран имеет консольную стрелу 6 с грузовой тележкой 3. Подъем или опускание груза осуществляют с помощью грузовой лебедки 28, а перемещение грузовой тележки 3 вдоль стрелы 6 – с помощью тяговой лебедки 1. В рабочем режиме производят блокировку буксового рессорного подвешивания колесной пары 23 и опускают с помощью гидроцилиндров аутригеры 24. Управляют краном из кабины управления или с выносного пульта.

Кабина управления 25 позволяет также перевозить рабочие бригады в количестве до 11 человек.

Трансмиссия мотовоза (рисунок 6.52) содержит гидромеханическую унифицированную передачу УГП 300, которую (по определению) используют также в трансмиссиях многих путевых машин. Гидропередача преобразует крутящий момент дизеля для его передачи через карданные валы и осевые редукторы на колесные пары. Она позволяет осуществлять трогание с места и движение с максимальным использованием мощности дизеля в

широком диапазоне скоростей в маневровом и поездном режимах, а также обеспечивать переключение реверса для движения в заданном направлении.

Гидропередача состоит из основного агрегата, объединяющего в одном блоке гидравлическую и механическую части, а также систем питания, управления и смазки.

Блок гидравлической и механической части включает повышающий редуктор, комплексный гидротрансформатор (ГТ) и коробку передач.

На основном агрегате устанавливают также насосы и другие аппараты систем питания и автоматики. В насосную группу входят блок питающего и откачивающего насосов с приводом от вала ГТ, первичный импульсный насос с приводом от вала отбора мощности повышающего редуктора и вторичный импульсный насос с приводом от вала реверса коробки передач.

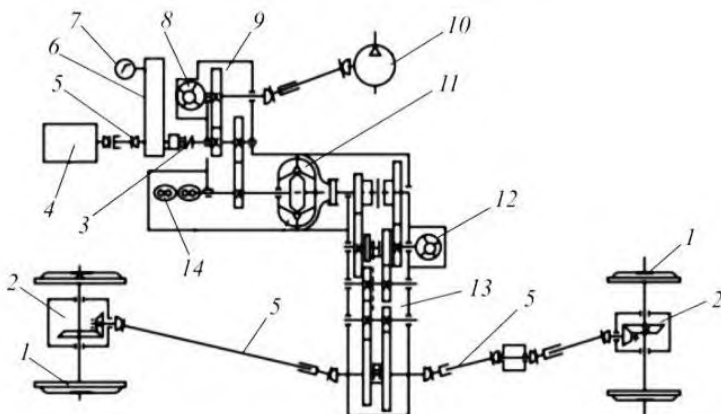


Рисунок 6.52 – Кинематическая схема трансмиссии мотовоза МПТ-4:

- 1 – колесные пары; 2 – осевые редукторы; 3 – соединительная муфта; 4 – двигатель;
5 – карданные валы; 6 – привод генератора; 7 – генератор; 8, 12 – импульсные насосы;
9 – повышающий редуктор; 10 – компрессор; 11 – гидротрансформатор; 13 – реверсивная коробка передач; 14 – блок питающего и откачивающего насосов

Питательную и откачивающую секции насоса используют для питания рабочей жидкостью круга циркуляции ГТ, камер плунжеров фрикционных муфт и системы смазки гидропередачи.

В кинематической схеме ходовой трансмиссии мотовоза (см. рисунок 6.52) колесные пары 1 мотовоза приводят от дизеля 4 через редуктор 9, гидротрансформатор 11, реверсивную двухскоростную коробку передач 13 и карданные передачи 5 на осевые редукторы 2 колесных пар. Блок насосов 14 приводят от вала гидротрансформатора 11, первичный импульсный насос 8 – от вала отбора мощности редуктора 9, вторичный импульсный насос 12 – от вала реверса коробки передач 13. Кроме того, от дизеля через редуктор 6 приводят генератор 7, а через повышающий редуктор 9 – компрессор 10 пневмосистемы.

Мотовоз МПТ-6 (рисунок 6.53) является модификацией мотовоза МПТ-4, имея такой же самоходный двухосный экипаж и дизель-генераторную установку с мощностью дизеля 220 кВт. На его передней консоли также располагают несущую кабину 3 с грузоподъемным краном 5. Основное конструктивное отличие состоит в смещенном расположении дизеля (с платформы его перенесли под раму), что увеличило грузоподъемность платформы за счет частичного освобождения ее площади. Кроме того, МПТ-6 оснащают более совершенной гидромеханической передачей – ГП-300-10.

От дизеля осуществляют передачу мощности через упомянутую гидрореперацию 11, карданные валы 10 и осевые редукторы на приводные колеса 8 и 15 ходовых тележек, обеспечивающие движение мотовоза в транспортном режиме. В рабочем режиме используют гидромеханический ходоуменьшитель, с помощью которого реализуют ползучие (рабочие) скорости.

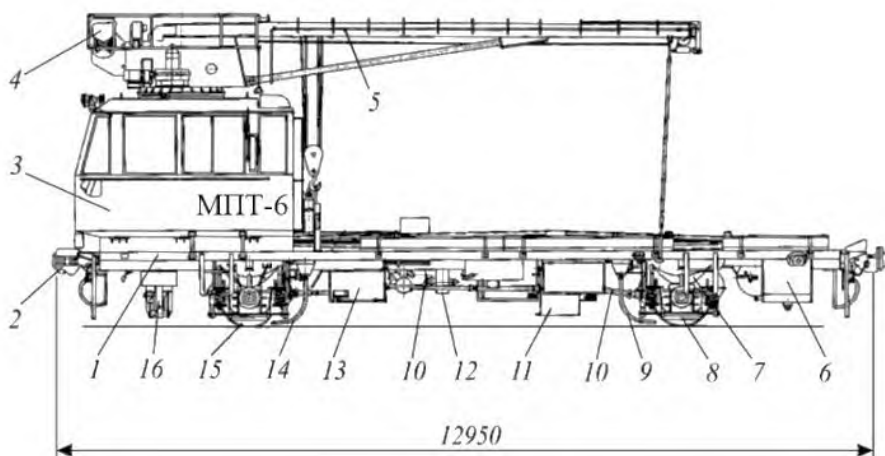


Рисунок 6.53 – Мотовоз погрузочно-транспортный МПТ-6:

- 1 – рама; 2 – автосцепка; 3 – кабина управления; 4 – электрическая таль; 5 – кран; 6 – топливный бак; 7 – рессорное подвешивание; 8, 15 – приводные колесные пары; 9, 14 – песочницы; 10 – карданные валы; 11 – гидрореперация; 12 – промежуточная опора; 13 – пневмосистема; 16 – аутригер

Компрессор пневмосистемы получает вращение с выходного вала гидрореперации через клиноременную передачу. Мотовоз также оборудован генератором для электропитания внешних потребителей.

Мотовоз МПТ-6 выпускают в нескольких модификациях, которые расширяют его технологические возможности (таблица 6.27).

Таблица 6.27 – Технические характеристики мотовозов

Параметр	МПТ-4	МПТ-6	МПТ-6Ш	МПТ-6.4	МПТ-Г	МПТГ-2
Мощность ДВС, кВт	220					400
Масса, т	31,0	28,5	34,0	36,0	45,0	75,0
Трансмиссия	Гидромеханическая					ЭМ
Вместимость, чел.	11		15	22	8	14
Расстояние по осям автосцепок, мм	12960	12950		13170	16860	
Грузоподъемность платформы, т	8,0	12,0	6,0	3,5	8,0	5,0
Тип крана	К					Т+ГМ
<i>Примечание – ЭМ – электромеханическая; К – консольный; Т + ГМ – телескопический + гидроманипулятор.</i>						

Мотовоз МПТ-6.4 (МПТ-6, исполнение 4) отличается от базовой модели не только увеличенной пассажировместимостью (до 22 человек, включая обслуживающий персонал), но и, как следствие, уменьшенной грузоподъемностью собственной платформы. На рисунке 6.54 представлена конструктивная схема мотовоза МПТ-6.4, в средней части которого под рамой 2 размещают силовую установку 6, передающую мощность через гидропередачу ГП-300 на трехфазный генератор, карданные валы привода осевых редукторов колесных пар 5 и гидронасос системы ползучего (технологического) хода. Воздушный компрессор 3 получает вращение с выходного вала гидропередачи через клиноременную передачу. Мотовоз также имеет тормозную систему, автосцепки 16 жесткого типа, путеочистители, песочницы и систему безопасности движения (КЛУБ УП) 14. Рабочим оборудованием является консольный кран 14, который размещают на каркасе расширенной кабины управления 10. Мотовоз оснащают также гидрофицированным снегоуборочным оборудованием в виде фронтального отвала (на рисунке 6.54 не показан).

Мотовоз МПТ-6Ш (или МПТ-6, исполнение 2) – это двухкабинная модификация базовой машины в виде самоходного экипажа с основной и пассажирской кабинами, расположенными на передней и задней консолях с пультами управления и местами для размещения рабочей бригады для нужд дистанций сигнализации и связи. В средней части на раме устанавливают съемный автономный модуль дорожной мастерской с набором инструмента и станками. Как и в базовом мотовозе, на основной кабине располагают консольный кран.

Для модели МПТ-Г характерна увеличенная длина экипажной части (16860 мм). На передней консоли рамы размещают модернизированную кабину управления (пассажирский салон) с консольным краном на крыше. Машину снабжают дополнительной краново-манипуляторной установкой (на задней консоли рамы) с расширенными технологическими возможностями: во-первых, за счет использования широкого спектра навесного сменного оборудования,

доступного для манипулятора; во-вторых, за счет увеличенного вылета грузо-подъемного крюка (до 12,6 м) и увеличенной высоты его подъема (до 14,1 м). При необходимости крановую установку заменяют на буровое оборудование.

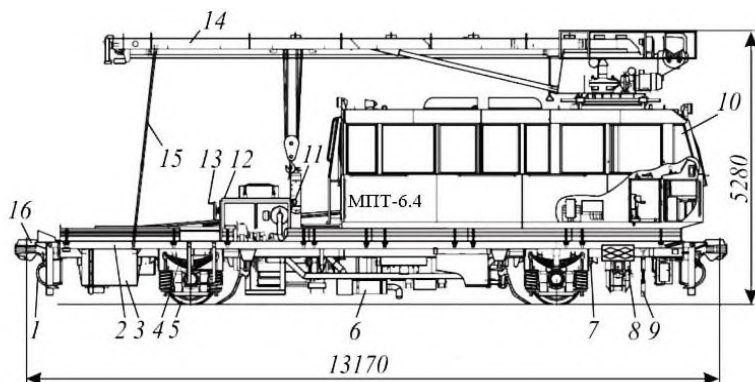


Рисунок 6.54 – Мотовоз погрузочно-транспортный МПТ-6.4:

- 1 – пневмосистема; 2 – рама; 3 – компрессор; 4 – рессорное подвешивание; 5 – колесная пара;
6 – двигатель; 7 – привод ручного тормоза; 8 – аутригер; 9 – рельсовый захват;
10 – кабина управления; 11 – блок радиаторов; 12 – капот; 13 – привод ручного тормоза;
14 – консольный кран; 15 – транспортное крепление; 16 – автосцепка

Развитием предыдущей модели является мотовоз МПТГ-2, который отличается наличием электрической передачи с асинхронным приводом (вместо гидромеханической передачи ГП-300 базовой модели) в приводе хода, а также более мощным дизелем (400 кВт). Кроме того, он имеет кабину нового дизайна увеличенной вместимости (до 14 человек), максимальную скорость до 120 км/ч, а также увеличенную прицепную нагрузку в маневровом режиме (до 300 т). Кроме того, дополнительная крановая установка обеспечивает возможность подъема крюка до 18,1 м и вылета до 14,2 м.

Автомотриса дизельная монтажная АДМ-1 является одной из наиболее распространенных автомотрис, конструкция которой максимально унифицирована с конструкцией мотовоза МПТ-4 (рисунок 6.55). Ее основное назначение – выполнение монтажных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ на контактной сети электрифицированных железных дорог. Кроме того, ее используют для маневровых работ, питания электроэнергией внешних потребителей, а также перевозки бригад к месту работ.

Дизельный двигатель 17 автомотрисы мощностью 220 кВт и ходовая трансмиссия, включающая гидромеханическую передачу (ГП-300) 24, позволяют перемещать прицепную нагрузку до 400 т. Установленная на автомотрисе гидромеханическая передача обеспечивает передвижение своим ходом в транспортном режиме со скоростью до 100 км/ч, а в рабочем режиме – со скоростями до 5 км/ч.

Рабочим оборудованием автомотрисы АДМ-1 являются грузоподъемный кран с телескопической стрелой 6, 10 и подъемная монтажная площадка 15.

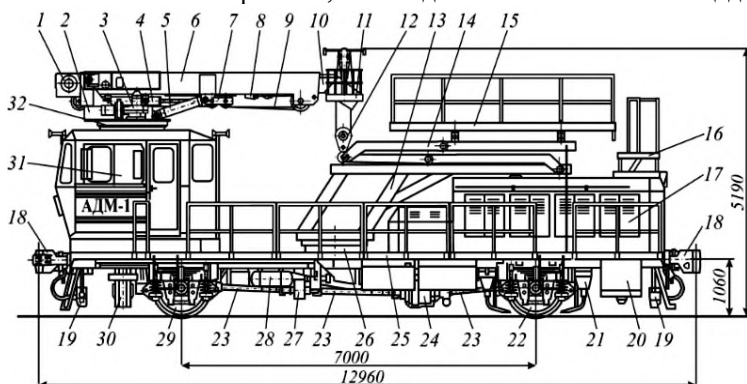


Рисунок 6.55 – Автомотриса дизельная монтажная АДМ-1:

1 – грузовая лебедка; 2 – гидравлическая система; 3 – механизм поворота стрелы; 4 – гидроцилиндр привода выдвижной стрелы; 5 – гидроцилиндр подъема стрелы; 6 – базовая секция стрелы крана; 7 – тяговая тележка; 8, 9 – канатная запасовка выдвижения стрелы; 10 – выдвижная секция стрелы; 11 – люлька; 12 – крюковая обойма; 13 – опора монтажной площадки; 14 – механизм подъема монтажной площадки; 15 – монтажная площадка; 16 – переходная площадка на изоляторах с лестницей; 17 – дизельный агрегат; 18 – автосцепки; 19 – приемные катушки КЛУБ; 20 – топливный бак; 21 – песочница; 22, 29 – приводные колесные пары; 23 – карданные валы; 24 – гидропривод ГП-300; 25 – платформа; 26 – механизм поворота опоры монтажной площадки; 27 – промежуточная опора; 28 – пневмосистема; 30 – аутригеры; 31 – кабина управления; 32 – опорно-поворотное устройство крана

На передней консоли платформы устанавливают несущую кабину управления 31 с гидрофицированным краном, который монтируют на поворотном основании 32. Кран, оснащенный механизмом поворота 3, имеет телескопическую стрелу, состоящую из базовой 6 и выдвижной 10 секций с гидроцилиндром привода выдвижения 4. Кроме того, стрелу крана оснащают монтажными люльками 11 (грузоподъемностью 400 кг), которые расширяют зону монтажного обслуживания. Кран используют для монтажа и демонтажа опор контактной сети, а также для погрузочно-разгрузочных работ. Аутригеры 30 позволяют значительно увеличить грузоподъемность крана на вылете: с 1,2 до 2,2 т (на максимальном вылете – 8 м).

Монтажную подъемную площадку 15 устанавливают на задней консоли платформы на опорах 13, снабженных механизмом поворота 26, который имеет гидрофицированное реечное зацепление.

Модифицированную автомотрису АДМ-1.5 дополнительно оснащают телескопической вышкой и выдвижным элементом. Грузоподъемность базовой монтажной площадки составляет 500 кг при высоте подъема 7,5 м, а телескопическая вышка (грузоподъемностью 200 кг) увеличивает высоту

подъема до 10,0 м. Выдвижной элемент позволяет увеличить вылет площадки (от оси пути) с 5,5 до 6,9 м.

Изолированная монтажная площадка автомотрисы позволяет проводить работы по обслуживанию контактной сети без снятия в ней напряжения.

Автомотриса дизельная монтажная модернизированная 1АДМ-1.3 является модернизацией модели АДМ-1, которая состоит в электромеханическом приводе механизма поворота крана.

Ее используют для выполнения монтажных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ на контактной сети электрифицированных железных дорог, а также для других работ (маневровых и транспортных, для питания электроэнергией потребителей в полевых условиях и др.).

Автомотриса 1АДМ-1.3 представляет собой самоходный двухосный экипаж (рисунок 6.56), основой которого является рама 1, установленная на приводных колесных парах 2 и 9 через рессорное подвешивание 3 и 8. На передней консоли размещают несущую кабину управления 7, на каркасе которой устанавливают кран 6 с изменяемым вылетом консольной стрелы и электромеханическим приводом механизма его поворота. Управляют краном из кабины управления или с выносного пульта. Монтажную площадку размещают в средней части платформы между кабиной управления и капотом силовой установки. На задней консоли размещают силовую установку (дизель-генераторный агрегат мощностью 220 кВт) 4 и монтажную площадку 5 на поворотной платформе.

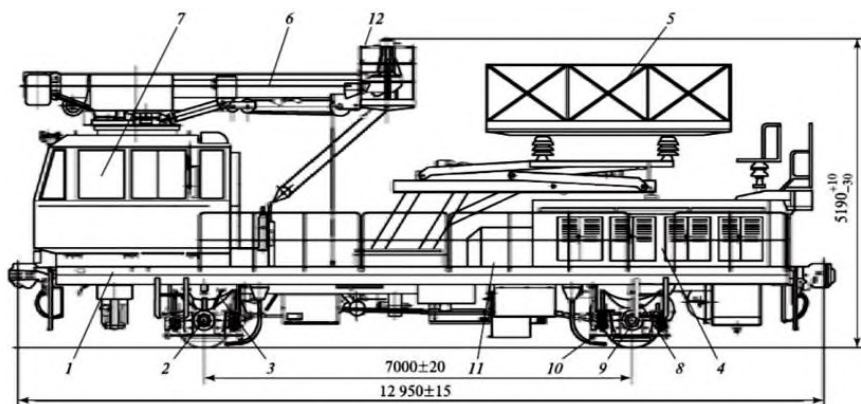


Рисунок 6.56 – Автомотриса 1АДМ-1.3:

- 1 – рама; 2, 9 – приводные колесные пары; 3, 8 – рессорное подвешивание;
4 – силовая установка; 5 – монтажная площадка; 6 – грузоподъемный кран; 7 – кабина;
10 – колодочный тормоз; 11 – гидромеханическая передача; 12 – люлька

Автомотриса имеет тормозную систему, автосцепки жесткого типа, путеочистители, песочницы и систему безопасности движения КЛУБ УП.

Конструктивная масса автомотрисы составляет 35,5 т. Кабина управления позволяет перевозить рабочую бригаду в количестве до 11 человек.

Трансмиссия автомотрисы содержит гидромеханическую унифицированную передачу УПЗ00, которая преобразует крутящий момент дизеля для его передачи через карданные валы и осевые редукторы на колесные пары. Она позволяет осуществлять движение в маневровом режиме с прицепной нагрузкой до 300 т, а в поездном – до 60 т.

Автомотриса грузовая служебная АГС-1 используется на железной дороге для решения различных задач: для погрузочно-разгрузочных работ, механизации уборки засорителей с железнодорожного пути, транспортирования (в комплекте с прицепом УП-4) элементов верхнего строения пути (в том числе рельсов длиной до 25 м) и сыпучих материалов, для питания электроэнергией внешних потребителей в полевых условиях, а также производства сварочных работ и перевозки монтеров пути к месту производства работ.

Автомотриса АГС-1 представляет собой двухосный самоходный экипаж (рисунок 6.57), платформа которого включает раму, рессорное подвешивание, буксовые челюсти, автосцепки, песочницы, аутригеры, путеочистители, тормозную систему и др. Кроме того, ее оборудуют системой безопасности КЛУБ УП, сварочным трансформатором, а также электрогенератором для питания внешних потребителей.

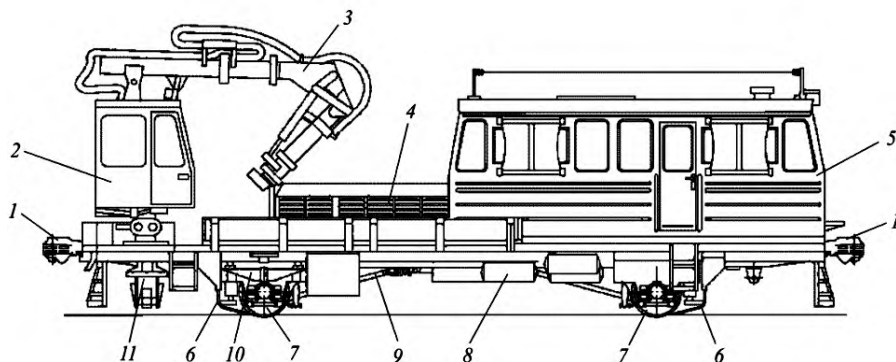


Рисунок 6.57 – Автомотриса АГС-1:

1 – автосцепки; 2 – кабина управления гидроманипулятором; 3 – гидроманипулятор; 4 – силовая установка; 5 – кабина машиниста и пассажирский салон; 6 – песочницы; 7 – колесные пары; 8 – пневмооборудование; 9 – карданная передача; 10 – рессорное подвешивание; 11 – аутригер

Силовым агрегатом автомотрисы является дизельный двигатель 4 мощностью 176 кВт (в сборе со сцеплением и коробкой перемены передач), который располагают на раме машины. Конструктивной особенностью привода хода является механический тип ходовой трансмиссии, которая передает

крутящий момент от силового агрегата через коробку отбора мощности, реверс-редуктор, карданные валы и осевые редукторы на колесные пары. В качестве реверс-редуктора используют двухступенчатый цилиндрический редуктор. Реверсирование вращения выходного вала производят перемещением зубчатой муфты с помощью пневмоцилиндра. Для питания пневмосистемы 8 автотрисы применяют компрессор с приводом от коленчатого вала дизеля через клиноременную передачу. Управление элементами механического привода (сцеплением, коробкой перемены передач, реверсом, коробкой отбора мощности, подачей топлива и остановом дизеля) производят из кабины машиниста. Приборы, предназначенные для контроля за работой силовой установки, тормозной системы, электро-, гидрооборудования и других агрегатов, располагают на двух пультах управления. Основным из них является пульт, соответствующий направлению движения кабиной вперед.

Рабочим оборудованием автотрисы является гидроманипулятор 3, установленный на задней консоли рамы, который оснащают набором сменных рабочих органов, предназначенных для выполнения различных работ по содержанию и ремонту железнодорожного пути. Для обеспечения устойчивости автотрисы при погрузочно-разгрузочных работах используют гидрофицированные аутригеры 11 и гидроцилиндры отключения рессор. В рабочем режиме при эксплуатации гидроманипулятора аутригеры устанавливают по обе стороны рамы, в транспортном их убирают для обеспечения вписывания в габарит подвижного состава.

Источником электроэнергии для потребителей постоянного тока является генератор дизеля (мощностью 1 кВт при напряжении 24 В), для потребителей переменного тока – синхронный генератор (мощностью 20 кВт при напряжении 230 В).

Тормозная система включает автоматический тормоз, состоящий из двух самостоятельных устройств, передающих усилия нажатия от тормозных цилиндров на каждую колесную пару, и ручной тормоз с передачей усилий на одну колесную пару.

Автотриса грузовая дизель-генераторная АГД-1А (рисунок 6.58) – это двухосный самоходный экипаж, максимально унифицированный с автотрисой АГС-1, но имеющий меньшие габариты кабины, что позволяет размещать материалы верхнего строения пути не только на саморазгружающемся прицепе (типа УП-4), но и на платформе автотрисы.

Автотрису АГД-1А используют для выполнения разнообразных работ: погрузочно-разгрузочных, перевозки элементов верхнего строения пути и сыпучих материалов, механизации работ по уборке засорителей с железнодорожного полотна, электроснабжения внешних потребителей в полевых условиях, а также для производства сварочных работ.

На передней консоли платформы располагают кабину машиниста 2, на задней – гидроманипулятор 5 с кабиной управления 6 и набором сменных рабочих органов, предназначенных для выполнения погрузо-разгрузочных работ и работ по содержанию и ремонту железнодорожного пути. Максимальный вылет стрелы манипулятора составляет 9 м.

В средней части платформы за кабиной управления на раме 4 размещают дизельный двигатель 3 мощностью 176 кВт, от которого через клиноременную передачу передают мощность на генератор мощностью 30 кВт.

Автомотриса имеет тормозную систему, автосцепки 1, путеочистители, песочницы 8 и систему безопасности движения КЛУБ УП.

Как и базовая машина, модель АГД-1А имеет механический тип ходовой трансмиссии, с помощью которой передают крутящий момент от силового агрегата через коробку отбора мощности, реверс-редуктор, карданные валы и осевые редукторы на колесные пары. Для питания пневмосистемы 12 автомотрисы также используют компрессор с приводом от коленчатого вала дизеля через клиноременную передачу.

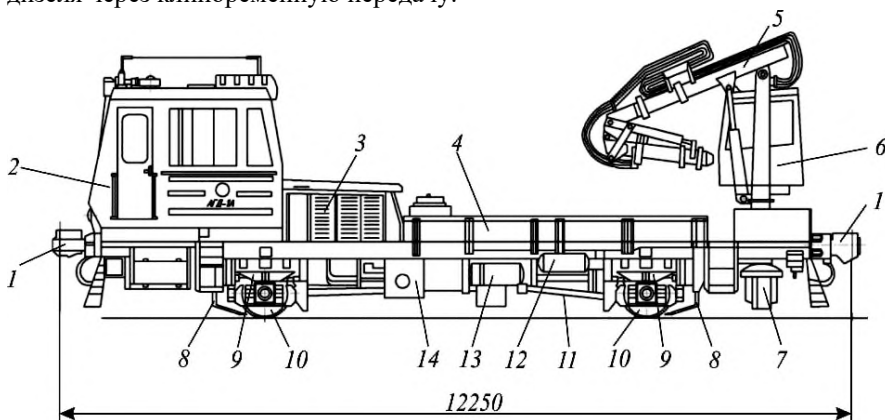


Рисунок 6.58 – Автомотриса АГД-1А:

- 1 – автосцепки; 2 – кабина машиниста; 3 – силовая установка; 4 – рама с бортами;
5 – гидроманипулятор; 6 – кабина управления гидроманипулятором; 7 – аутригер;
8 – песочницы; 9 – рессорное подвешивание; 10 – колесные пары; 11 – карданная передача;
12 – пневмооборудование; 13, 14 – гидрооборудование

Автомотриса АГД-1М является модификацией АГД-1А, отличающейся от базовой машины наличием модуля для привода бурового оборудования. Рабочее и вспомогательное оборудование автомотрисы имеют электрический привод, что значительно упростило конструкцию трансмиссии, упразднив многие механические передачи (карданные, ременные и проч.).

Основное конструктивное отличие от базовой автомотрисы состоит в применении электромеханической трансмиссии с приводом колесных пар от

двух тяговых электродвигателей, что значительно увеличивает тяговое усилие и прицепную нагрузку.

Автомотрисы АГД-1М используют в службе пути для решения многих задач: доставки монтеров пути к месту производства работ, выполнения погрузочно-разгрузочных работ, механизации работ по уборке засорителей с железнодорожного пути, перевозки элементов верхнего строения пути и сыпучих материалов, питания электроэнергией внешних потребителей, прицепных единиц и электроинструмента в полевых условиях, производства сварочно-наплавочных работ, механизации работ по текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути с помощью комплекта навесных рабочих органов.

Наличие дизель-генераторной установки позволяет расширить эксплуатационные возможности автомотрисы за счет ее оснащения оборудованием для резки кустов, очистки от снега железнодорожного полотна, сварки и т. п. В числе сменных рабочих органов гидроманипулятор (с грузовым моментом не менее 70 кН·м), грейфер (емкостью 0,4 м³), траверсы для погрузки-разгрузки пакета шпал и работы с рельсами длиной 12,5 или 25,0 м, грузоподъемный электромагнит, кусторез для срезания кустарника вдоль железнодорожных путей (шириной полосы до 1,2 м), воздуходувка для очистки от снега железнодорожных стрелочных переводов и рельсов с помощью струи сжатого воздуха, а также прицеп.

Грузовой прицеп УП-4 используют для работы в сцепе с автомотрисами АГД-1А и АГС-1 для перевозки различных грузов при текущем содержании железнодорожного пути. Его цепляют к автомотрисе со стороны манипулятора и соединяют с ней тормозной системой, гидравлической магистралью и цепью электрооборудования. Прицеп имеет опрокидывающийся на обе стороны кузов, вместимость которого составляет 8 м³ при номинальной грузоподъемности 14 т. Прицеп (массой 11 т) обслуживает бригада автомотрисы.

Дрезина грузовая крановая универсальная (ДГКу) имеет спектр применения, характерный для моторно-рельсового транспорта: погрузочно-разгрузочные и маневровые работы, перевозка рабочих бригад и грузов (в том числе рельсов длиной 25 м на собственной и прицепной платформах), проведение сварочных работ в полевых условиях, очистка путей от снега, подтаскивание грузов лебедкой в зону работы крана, питание электроэнергией (мощностью до 50 кВт) и сжатым воздухом (до 0,8 МПа) внешних потребителей.

На дороге до настоящего времени используют дрезину ДГКу и ее модификацию – ДГКу-5. Они концептуально не отличаются друг от друга. Различие состоит в величинах некоторых параметров. Базой дрезины (рисунок 6.59) является специальная двухосная платформа грузоподъемностью 6 т, рама 5 которой через двойное рессорное подвешивание 6 и роликовые буксы 7 опирается на оси двух приводных колесных пар 8 и 15. Предусмотрены также выключатели рессор, которые используют при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

На раме платформы размещают кабину 2, под капотом на раме устанавливают дизель мощностью 176 кВт, раздаточную коробку и генератор трехфазного переменного тока. В кабине располагают органы управления дрезиной, устройства связи и сигнализации, включая кран машиниста, приборы управления работой дизеля, тормозами, песочницами и др. В средней части платформы размещают гидропередачу (УГП-230) 12. Под рамой 5 устанавливают карданные передачи 9, мотор-генераторную группу 13 и основные элементы пневматической системы 10.

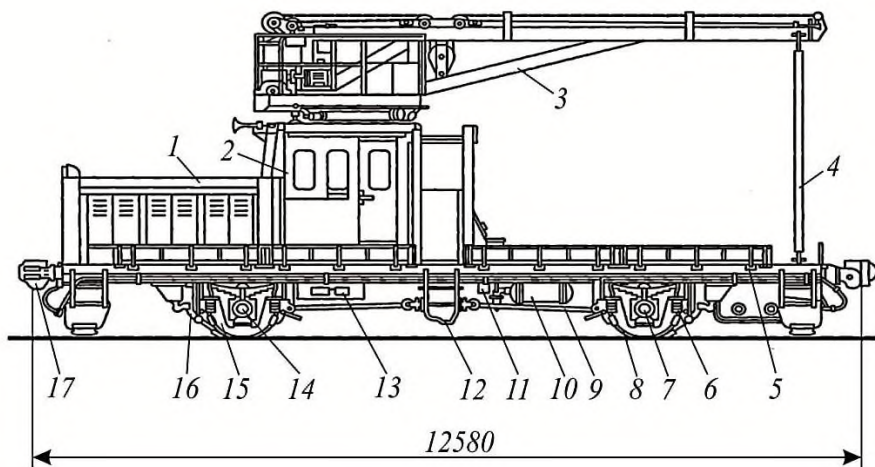


Рисунок 6.59 – Дрезина ДГКу:

- 1 – капот; 2 – кабина управления; 3 – кран; 4 – транспортные тяги; 5 – рама; 6 – двойное рессорное подвешивание; 7, 14 – роликовые буксы; 8, 15 – ведущие колесные пары; 9 – карданная передача; 10 – пневмосистема; 11 – нагреватель рабочих жидкостей; 12 – гидропередача; 13 – дизель-генераторная установка; 16 – песочница; 17 – автосцепка

Привод хода обеспечивает передачу крутящего момента от дизеля через муфту, гидромеханическую коробку передач, промежуточный карданный вал, режимно-реверсивный редуктор, карданные передачи и осевые редукторы на колесные пары 8 и 15.

Кабина представляет собой сварную конструкцию из профильного проката, ее каркас выполняют в виде портала, на котором монтируют полноповоротную крановую установку 3 консольного типа. Ее грузоподъемность зависит от модификации автомотрисы и от вылета стрелы. Поперечные размеры капота и кабины 2 меньше ширины рамы платформы, что позволяет использовать ее боковые части для перевозки рельсов.

На дрезине устанавливают два генератора: один (переменного тока) служит для питания механизмов крана и другого оборудования дрезины, другой (постоянного тока) – для питания электромагнита.

Кран, имеющий электропривод, получает питание от генератора переменного тока (мощностью 50 кВт), который также снабжает энергией электросеть машины. Кран содержит механизмы подъема груза, передвижения грузовой тележки и поворота, электродвигатели которых также запитаны от генератора. Его (кран) помимо крюковой обоймы снабжают электромагнитным подъемником грузоподъемностью 250 кг, для питания которого служит мотор-генераторная группа 13. В транспортном положении стрелу крана 3 располагают вдоль оси пути и удерживают транспортными тягами 4.

На рисунке 6.60 представлена кинематическая схема крана, включающая механизмы подъема груза, перемещения грузовой тележки по стреле и поворота крана, каждый из которых оснащают индивидуальным электродвигателем.

Механизм подъема груза (см. рисунок 6.60, *а*), который перемещают по вертикали на крюковой обойме 11 грузовой тележки 9, включает приводной электродвигатель 1, муфту с тормозом 2, червячный редуктор 3, зубчатую муфту 4, барабан грузовой лебедки 5 с грузовым канатом 6 и другие элементы. Высоту подъема груза ограничивают концевым выключателем, расположенным на грузовой тележке. Торможение механизма производят электромагнитным двухколодочным тормозом 2.

Механизм передвижения грузовой тележки 9, которую перемещают по горизонтально расположенной стреле, включает приводной электродвигатель 12, червячный редуктор 14, барабан тяговой лебедки 17 и тяговый канат 8. При вращении барабана 17 грузовая тележка 9 получает поступательное движение по стреле в заданном направлении. Ход тележки ограничивают концевыми выключателями. При этом используют тормоз 13 того же типа, что и грузовой лебедки.

Механизм поворота крана (см. рисунок 6.60, *б*) состоит из электродвигателя 1, муфты с тормозом 2, червячного редуктора 3 с муфтой предельного момента, цилиндрической передачи 4 с наружным зацеплением и цилиндрической передачи 5 с внутренним зацеплением. Зубчатый венец неподвижно укрепляют на опорном круге, вокруг которого обкатываются ролики 6 опорно-поворотного устройства. Вращение от двигателя передают червячному редуктору и цилиндрическим передачам. При этом ведущая шестерня передачи 5 обкатывается по неподвижному зубчатому венцу, обеспечивая поворот крана. Муфта предельного момента, встроенная в червячный редуктор, уменьшает динамические нагрузки на элементы привода во время пуска и остановки механизма, что достигается в результате пробуксовки ведомой части муфты по отношению к ведущей.

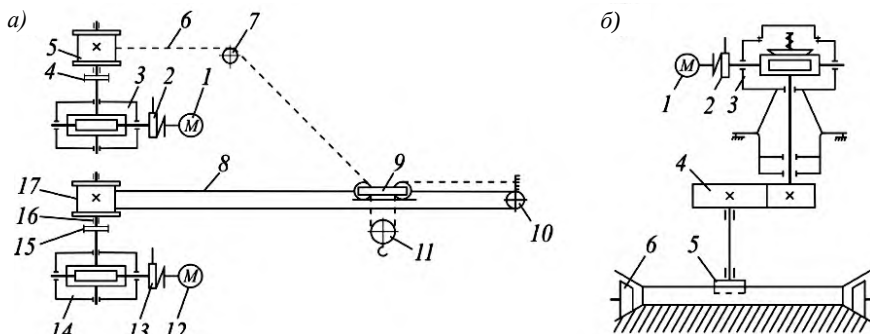


Рисунок 6.60 – Кинематическая схема механизмов крана ДГКу:

а – грузовой и тяговой лебедок:

- 1, 12 – электродвигатели; 2, 13 – муфты с тормозом; 3, 14 – червячные редукторы;
4, 15 – зубчатые муфты; 5 – барабан грузовой лебедки; 6 – грузовой канат;
7 – направляющий блок; 8 – тяговый канат; 9 – грузозахватная тележка;
10 – блок с натяжным устройством; 11 – крюковая обойма; 16 – вал; 17 – барабан тяговой лебедки с канавками;

б – механизма поворота крана:

- 1 – электродвигатель; 2 – муфта с тормозом; 3 – червячный редуктор с муфтой предельного момента; 4 – цилиндрическая передача с наружным зацеплением; 5 – цилиндрическая передача с внутренним зацеплением; 6 – ролик опорно-поворотного устройства

Пневмосистему автодрезины используют для управления тормозами дрезины и вагонов, привода песочниц, стеклоочистителей и автоматики управления гидропередачей, а также для подачи звуковых сигналов. Для торможения дрезины используют пневматический прямодействующий и ручной тормоза.

Основное различие автодрезин ДГКу и ДГКу-5 состоит в грузоподъемности крана: она увеличена с 35 до 50 кН при равном вылете стрелы (3 м) и одинаковой массе машин.

Автомотриса пассажирская АС-1А (рисунок 6.61) предназначена для служебных поездок работников железнодорожного персонала (и небольших грузов) и рассчитана на перевозку двадцати четырех человек. Автомотриса – это двухосный самоходный вагон с задней ведущей колесной парой. На раме 9 размещают кузов вагонного типа, имеющий два отделения: одно – с пультом управления для водителя, другое – для перевозки пассажиров. На концах рамы устанавливают автосцепки 1 (без фрикционных аппаратов). Кузов опирается на буксы, имеющие по два конических роликовых подшипника, через листовые рессоры.

В конструкции автомотрисы широко используют автомобильные узлы и агрегаты. В передней части рамы размещают автомобильный карбюраторный двигатель, развивающий мощность 70 л. с. Привод хода механический: от двигателя крутящий момент передают через муфту сцепления, коробку

перемены передач 5, карданные передачи 7, реверс 6 и осевой конический редуктор на заднюю колесную пару 8. Тормозное устройство автомотрисы включает колодочные тормоза 4 (на обе колесные пары) с пневматическим приводом.

В кабине водителя устанавливают приборы управления. Для обеспечения безопасности следования мотрисы задним ходом в конце кузова располагают пост управления, оборудованный педалью сцепления 10, краном пневматического тормоза и сигналом. Для обеспечения безопасности следования дрезины задним ходом в конце кузова предусмотрен пост наблюдения, оборудованный педалью сцепления, краном пневматического тормоза и сигналом.

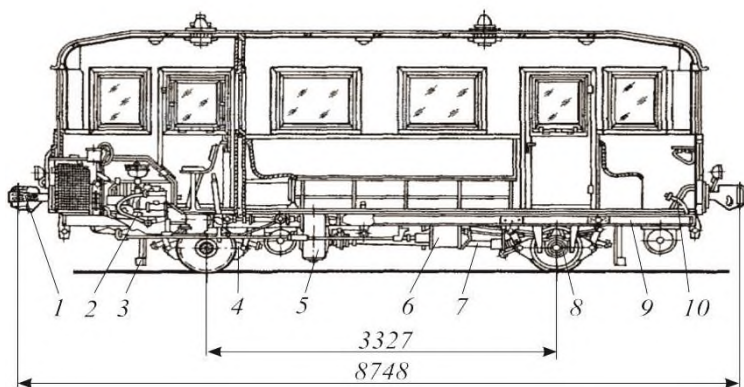


Рисунок 6.61 – Автомотриса АС-1А

- 1 – автосцепка; 2 – двигатель; 3 – путеочиститель; 4 – тормозная система;
5 – коробка перемены передач; 6 – коробка реверса; 7 – карданный вал;
8 – задняя колесная пара; 9 – рама; 10 – педаль сцепления

Более поздние модели на базе автомотрисы АС-1А модернизируют, оснащая их современными узлами и агрегатами. В частности, в конструкцию автомотрисы АС-1А.2 были внесены некоторые изменения: вместо карбюраторного использован дизельный двигатель (мощностью 132 или 80 кВт); одинарное рессорное подвешивание заменено на двойное; механическая силовая передача заменена гидрообъемной в приводе хода.

Автомотриса служебная АС-5 предназначена для доставки путевых рабочих к месту проведения работ и обратно, а также для инспекционных поездок при осмотре пути в пределах отделения дороги или дистанции пути. Вся платформу занимает пассажирский салон, объединенный с кабинами управления, что обеспечивает большую пассажировместимость (двадцать шесть человек, включая обслуживающий персонал). Ее масса составляет (без пассажиров) 20 т, мощность силового агрегата – 176 кВт. Электрогенератор питания внешних потребителей обеспечивает напряжение 380 В.

Автомотрисы по силовым узлам и агрегатам максимально унифицируют с автомотрисами АГД-1А и АГС-1.

Характеристики автомотрис и автодрезин приведены в таблице 6.28.

Таблица 6.28 – Технические характеристики автомотрис и автодрезин

Параметр	ДГК _у	АГС-1	АС-1А	АС-4
Длина по осям автосцепок, мм	12580	12250	8746	14530
Максимальная скорость, км/ч	80	80	80	100
Вместимость топливного бака, л	800	—	110	—
Грузоподъемность, т:				
– машины	6,0	—	—	—
– крана	1,7–3,0	1,0	—	—
Высота подъема крана от уровня головки рельса, м	4,1	5,3	—	—
Вылет стрелы, м	5,8	8,0	—	—
Масса прицепного состава, т:				Тяга
– на перегоне	60,0	—	—	4,4
– при маневрах	300,0	—	—	—
Число пассажиров	5	14	24	86

Путеремонтные летучки (ПРЛ-4, ПРЛ-3/2 и др.) – это самоходный путевой транспорт, который предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования элементов верхнего строения пути (в том числе рельсов длиной 25 м) в пределах дистанции пути на закрытых перегонах. Летучка ПРЛ-4 (рисунок 6.62) состоит из двух четырехосных платформ 7, опирающихся на неприводные тележки. Для перемещения летучки используют самоходный подвижной состав, в том числе локомотивы, мотовозы, автодрезины и др.

Летучка имеет дизель-электрический агрегат 6 (мощностью 60 кВт), который обеспечивает работу электродвигателей кранового оборудования, компрессора для снабжения сжатым воздухом пневмосистемы летучки, включая силовые пневмоцилиндры и пневматические стопоры, а также выпрямительной установки для питания электромагнитной плиты, используемой при погрузке рельсовых скреплений.

Характеристики путеремонтных летучек приведены в таблице 6.29.

Каждую из платформ оснащают консольным стреловым краном, который включает стрелу 2 с подвеской крюка 3 на двухкратном полиспасте, механизмы подъема и передвижения груза, поворота стрелы и перемещения крана 8, ограничитель грузоподъемности, опорно-поворотное устройство 4 и промежуточный опору крана 5. Все механизмы крана приводят от дизель-электрического агрегата 6. Каждый механизм имеет отдельный привод, который включает электродвигатель переменного тока небольшой мощности (от 1,5 до 5,0 кВт), который через муфту с электромагнитным тормозом и червячный редуктор обеспечивает выполнение определенной операции (подъем груза, его перемещение по стреле, поворот стрелы).

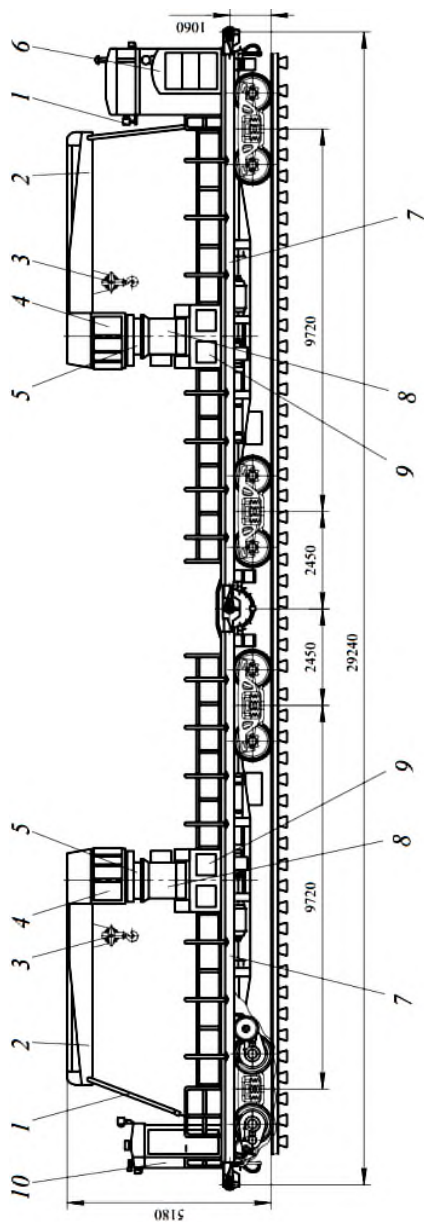


Рисунок 6.62 – Путеремонтная летучка ПРД-4;

1 – транспортные растяжки; 2 – стрелы кранов; 3 – крюковые обоймы; 4 – крановое оборудование; 5 – опорно-поворотные устройства; 6 – дизель-электрический агрегат; 7 – платформы; 8 – подвижные опоры; 9 – неподвижные рамы;

10 – кабина обслуживающего персонала

Таблица 6.29 – Технические характеристики путеремонтных летучек

Параметр	ПРЛ-4	ПРЛ-3/2
Скорость, км/ч:		
– в составе поезда	120	80
– транспортная	–	30
Энергопитание, кВт	60	–
Число кранов, шт.		2
Грузоподъемность крана, т	2	2
Высота подъема крюка над уровнем верха головки рельса, м	4	4
Вылет грузового крюка, м:		
– минимальный	0,88	0,88
– максимальный	4,90	4,90
Частота вращения стрелы, мин ⁻¹	0,96	0,95
Скорость, м/с:		
– подъема груза	0,27	0,20
– передвижения груза	0,56	0,33
Длина по осям автосцепок, мм	29240	31272

Помимо поворота вокруг вертикальной оси кран имеет возможность перемещения на платформе в поперечном направлении. Для этого опору 8 устанавливают на четыре опорных катка рамы 9, которые размещают в направляющих подвижных балок. Подвижные балки (по две пары правых и левых) опираются на неподвижную раму 8. С помощью пневмоцилиндров их раздвигают в стороны от продольной оси платформы для погрузки рельсов длиной 25 м через открывающийся проем (шириной до 700) в раме 8.

Для перемещения опоры крана 8 относительно подвижных балок используют привод, включающий электродвигатель переменного тока, зубчатый редуктор, цепную и реечную передачи.

В нерабочем положении (например, в транспортном) продольная ось стрелы крана совпадает с продольной осью платформы и подвижной опоры 8. В рабочем режиме для погрузки рельсов длиной 25 м опору крана смещают в требуемую сторону, а затем раздвигают подвижные балки для создания проема в раме (общей шириной до 700 мм).

Механизм изменения вылета стрелы в крайних положениях тележки имеет конечные выключатели, ограничивающие ход тележки в пределах заданного вылета стрелы. Крайние положения подвижных балок и опоры крана также фиксируют концевыми выключателями и пневматическими стопорами. Управляют механизмами крана дистанционно с выносного пульта управления. Краны также оборудуют сменными захватными приспособлениями.

Более ранней версией путеремонтной машины является летучка ПРЛ-3/2 (рисунок 6.63), которую продолжают эксплуатировать на предприятиях отечественной дороги. Она представляет собой железнодорожный состав из трех двухосных грузовых платформ, перемещаемых единицей самоходного подвижного состава и предназначенных для транспортировки, погрузки и выгрузки рельсов, шпал, рельсовых скреплений и элементов стрелочных переводов.

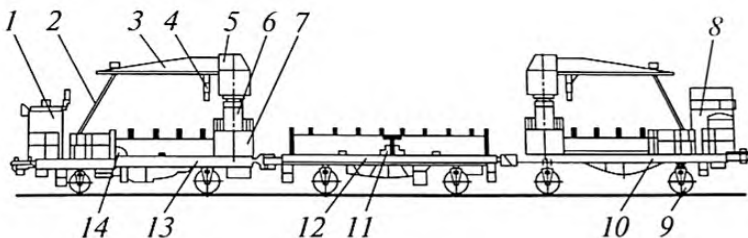


Рисунок 6.63 – Схема путевого ремонтного летучего крана ПРЛ-3/2:

1 – пост управления; 2 – транспортные тяги; 3 – стрела; 4 – крюковая обойма; 5 – консольный поворотный кран; 6, 7 – подвижная и неподвижная крановые опоры; 8 – кабина; 9 – колесная пара; 10, 12, 13 – платформы; 11 – подвижная подрельсовая опора; 14 – борт платформы

Эта летучка имеет электростанцию мощностью 50 кВт и компрессор. Крайние платформы 10 и 13 оборудуют консольными кранами 5 (грузоподъемностью 2 т), которые обслуживают стрелой 3 не только собственные платформы, но и часть средней платформы 12. Расстояние между осями поворота обоих кранов составляет 13,4 м, что позволяет выполнять погрузочно-разгрузочные операции с рельсами длиной 25 м без специальной траверсы. На рамах кранов монтируют подкрановые тележки, на которых устанавливают башни и стрелы кранов. Кран перемещается по раме поперек платформы и поворачивается на 180°. Для погрузки рельсов на крюк грузовой тележки, установленной на стреле, навешивают рельсовые захваты. Для выгрузки материалов кран перемещают в одну или другую сторону платформы.

Кранами управляют с дистанционного пульта один оператор (при погрузке 25-метровых рельсов) или два машиниста с пульта каждого крана.

Следует отметить модернизированный вариант летучки ПРЛ-4 – самоходную путевого ремонтную летучку модели ПРЛ-4С (УКС-30). Ее оснащают дизель-генераторным агрегатом мощностью 200 кВт, который через гидромеханическую трансмиссию приводит колесные пары тяговой тележки. Летучка ПРЛ-4С имеет необходимые системы управления движением и тормозами, которыми оснащают единицы самоходного подвижного состава.

Техническое обслуживание моторно-рельсового транспорта. Состав работ по техническому обслуживанию моторно-рельсового транспорта, включая их объемы и сроки выполнения, регламентированы в неоднократно упомянутом стандарте организации СТП БЧ 56.428 с учетом инструкций и руководств по эксплуатации мотовозов, автомотрис, дрезин и других единиц техники. Техобслуживание входит в состав системы ППР СПС и состоит из комплекса мероприятий по своевременному предотвращению возникновения неисправностей, выявлению и устранению дефектов и отказов деталей, узлов и агрегатов машин.

Помимо общих требований, связанных с техобслуживанием всех узлов и агрегатов, по каждой единице СПС, имеется набор специальных требований, которые обусловлены особенностями конструкции машины. К ним относят осмотр, запуск и проверку силовой установки и трансмиссии, ходового оборудования, электро- и гидрооборудования, основных механизмов и агрегатов, их приводов и систем управления; проверку, подготовку и опробование тормозного оборудования; проверку исправности монтажной вышки и кранового оборудования; проверку исправности звуковой и световой сигнализации; проверку наличия и уровня рабочих жидкостей в баках, картерах и резервуарах агрегатов и систем.

При всех видах периодического техобслуживания колесные пары, роликоподшипниковые буксы, автосцепные устройства, тормозные устройства, воздушные резервуары, крановые установки и монтажные подъемники моторно-рельсового транспорта должны удовлетворять, наряду с требованиями эксплуатационной документации, рекомендациям упомянутого стандарта. К традиционным профилактическим работам добавляются специальные, характерные для моторно-рельсового транспорта.

В таблице 6.30 представлена схема основных операций по техобслуживанию машин, которые выполняют в соответствии с рекомендациями изготовителя машин, изложенными в инструкциях по их эксплуатации.

Полный пакет операций представлен в подробных инструкциях предприятия производителя путевых работ, в которых учтены требования производителей комплектующих и машин в целом.

Таблица 6.30 – Сводная схема технического обслуживания моторно-рельсового транспорта

Интервал	Вид работ
В промежутках периодически	Проверка устройства обеспечения безопасности. Проверка тормозов
Ежедневно ЕТО	Проверка: комплектности инструмента, принадлежностей и оборудования, штатных средств пожаротушения. Проверка состояния: привода (силовой установки, трансмиссии и системы управления); кранового оборудования; ходовой системы (ходовых тележек, колесных пар, буксовых узлов, рессор); тормозного оборудования и автосцепок; гидро- и пневмосистем, электрооборудования (сигнализации и освещения); крепежа деталей и узлов рабочих органов и экипажной части. Проверка расходуемых средств: уровня топлива и рабочих жидкостей в двигателе, в гидросистеме; наличия песка. Проведение смазки узлов и агрегатов в соответствии с картой смазки

Окончание таблицы 6.30

Интервал	Вид работ
ТО-1 (1,25, 1,40, 1,70) × ×10³ км или 100, 140 ч работы дизеля	Проведение операций ЕТО. Проверка и осмотр: силовой установки, генератора и других агрегатов согласно количеству отработанных часов (в соответствии с инструкцией по их эксплуатации), трансмиссии, коробки передач и гидропередачи, ходовых частей, крана грузоподъемного, электрооборудования и пневмооборудования. Осмотр: электрических аппаратов, испытание электроизоляции рабочих площадок; проверка состояния подводящих проводов и контактов. Смазка агрегатов и узлов (в соответствии с картой смазки)
ТО-2 (4,2, 5,0) ·10³ км или 400, 420, 500 ч работы дизеля	Выполнение всех операций ТО-1. Силовая установка: осмотр системы управления двигателем, проверка крепления водяного и масляного радиаторов, осмотр систем охлаждения двигателя и охлаждения масла, проверка состояния форсунок. Металлоконструкции и ходовые части: осмотр сварных швов, креплений механизмов, агрегатов и сборочных единиц, крепежных деталей редукторов, регулировка рессорного подвешивания, проверка зазоров в буксах. Грузоподъемный кран (при наличии): осмотр металлоконструкций, агрегатов, тормозной системы (осмотр и смазка рычагов, тяг, шарнирных соединений; проверка износа тормозных колодок и при необходимости их замена; проверка тормозных цилиндров). Трансмиссия: проверка рычагов, тяг механизма переключения режимов, осмотр карданных валов и проверка состояния его элементов Электрооборудование: проверка освещения, устройства световой и аварийной сигнализации, контроль плотности электролита в аккумуляторных батареях, проверка электроизмерительных приборов, кондиционера при его наличии (состояния вентиляторов, электродвигателей, компрессора и охладителя, приборов автоматики). Пневмооборудование: осмотр тормозной системы (в соответствии с требованиями СТП 56.052), проверка крепления тормозных цилиндров, воздушных резервуаров и воздухопроводов, регулирование предохранительной муфты и клапанов (обратного, предохранительного и холостого хода). Гидрооборудование: осмотр насосов, гидроцилиндров и гидрораспределителей, регулировка гидроаппаратуры, проверка крепления бака и других агрегатов. Смазка агрегатов и узлов (в соответствии с картой смазки) Проверка: работы двигателя, приборов управления, рабочих органов и систем после устранения неисправностей в работе узлов, агрегатов и систем

В заключение можно отметить, что выполнение операций технического обслуживания в соответствии с требованиями системы ППР и нормативно-технической документации производителя машин обеспечивает реализацию заданных при проектировании потребительских свойств СПС, которые способствуют качественному выполнению путевых работ по строительству, реконструкции, ремонту и содержанию железнодорожного пути.

Контрольные вопросы

1 Приведите классификацию машин для выправки пути, подбивки и уплотнения щебеночного балласта.

2 Какую частоту подбивки считают предпочтительной для эффективного уплотнения щебня?

3 Какие стадии включает технологический процесс уплотнения щебня рабочими органами машины ВПР 08-32?

4 В чем состоят различия воздействия рабочих органов машин ВПР 08-32, ВПР-09-32 и ВПР-02М?

5 За счет чего машина ВПР 09-3Х обеспечивает ускоренную стабилизацию щебеночного балласта?

6 Какие работы выполняют на выправочно-подъемно-рихтовочно-подбивочной машине Unimat Compact 08-275/3S-16?

7 Какие операции включает ЕТО, ТО-1 и ТО-2 выправочно-подбивочно-рихтовочных машин?

8 Перечислите рабочие органы ВПР «Unimat 08-475-4S», которые обеспечивают выправку, подбивку и рихтовку пути.

9 Какие рабочие органы имеет планировщик ССП-110 для планировки щебня, его перераспределения с откосов и междупутья внутрь колеи, удаления с верхней поверхности шпал и его перемещения за концы шпал, очистки скреплений рельсов от щебня?

10 Опишите функции динамического стабилизатора пути и рабочие органы для их реализации.

11 Опишите конструктивные различия стабилизаторов DGS-62 и DGS-62N.

12 Приведите основные классификационные признаки щебнеочистительных машин.

13 Перечислите работы при ЕТО щебнеочистительных машин.

14 Опишите конструктивные и технологические различия щебнеочистительных машин RM-80 и RM-76.

15 Назовите основные механизмы вагона-бункера для засорителей и опишите их функции.

16 Какими видами рабочего и вспомогательного оборудования оснащают землеробочную машину СЗП-600Р?

17 Чем конструктивно различаются машины МКТ и СЗН-600Р?

18 Какие преимущества имеет кран УК-25/28СП по сравнению с краном УК-25СП?

19 Какие методы используют в путевом хозяйстве для замены стрелочных переводов?

20 Перечислите работы при ТО-1 и ТО-2 укладочных кранов.

21 Назовите основные части укладочного крана УК-25/9-18 с описанием их функций.

22 Какие типы привода хода используют в мотовозах и автомотрисах?

23 Назовите общие узлы и агрегаты мотовозов и автомотрис и их составляющие.

24 В чем состоят конструктивные различия мотовозов МПТ-4, -6, и -6.4?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автомотрисы и мотовозы. Устройство, управление и техническое обслуживание : учеб. пособие / В. В. Багажов [и др.]. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2018. – 1000 с.
- 2 Антипенко, Г. Л. Дефекты и методы диагностирования механических и гидромеханических трансмиссий : [монография] / Г. Л. Антипенко. – Могилев : БРУ, 2020. – 243 с.
- 3 Багажов, В. В. Силовые гидромеханические передачи специального самоходного подвижного состава / В. В. Багажов. – М. : Маршрут, 2006. – 88 с.
- 4 Багажов, В. В. Тормозное оборудование специального самоходного подвижного состава / В. В. Багажов, В. Н. Синицын. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2007. – 287 с.
- 5 Богдан, Н. В. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмосистем : учеб. пособие / Н. В. Богдан, П. Н. Кишкевич, В. С. Шевченко. – Минск : Ураджай, 2001. – 296 с.
- 6 Бодров, Ю. М. Путевые машины фирмы «Плассер и Тойрер» : учеб. пособие / Ю. М. Бодров, С. М. Дивинец. – Минск : Бел. ж. д., 2007. – 162 с.
- 7 Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации : учеб. пособие / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М. : Высш. шк., 2003. – 575 с.
- 8 Довгяло, В. А. Автоматизация путевых и дорожно-строительных машин : учеб. пособие / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 203 с.
- 9 Довгяло, В. А. Дорожно-строительные машины : учеб. В 2 ч. Ч. I. Машины для земляных работ / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 342 с.
- 10 Довгяло, В. А. Методы повышения работоспособности машин и механизмов : учеб. / В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 386 с.
- 11 Доценко, А. И. Строительные машины : учеб. / А. И. Доценко, В. Г. Дронов. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 533 с.
- 12 Зорин, В. А. Основы работоспособности технических систем / В. А. Зорин. – М. : Академия, 2009. – 208 с.
- 13 Каракулев, А. В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин : учеб. / А. В. Каракулев, М. Е. Ильин, О. В. Маркеданец ; под ред. А. В. Каракулева. – М. : Транспорт, 1991. – 304 с.
- 14 Карпушенко, Н. И. Оценка надежности технологических процессов реконструкции железнодорожного пути по данным об отказах путевых машин / Н. И. Карпушенко, А. С. Пикалов, П. С. Труханов // Вестник Сибирского гос. университета путей сообщения. – 2019. – № 2 (49). – С. 5–11.
- 15 Коновалов, Е. Н. Прогнозирование ресурса несущих конструкций вагонов специального подвижного состава при длительной эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Е. Н. Коновалов. – Гомель, 2020. – 181 л.
- 16 Кравникова, А. П. Основы эксплуатации путевых и строительных машин : учеб. пособие / А. П. Кравникова. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2016. – 182 с.
- 17 Крымов, А. В. Механическое оборудование автодрезин и мотовозов : учеб. пособие / А. В. Крымов. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2012. – 139 с.

18 **Леликов, О. П.** Валы и опоры с подшипниками качения. Конструирование и расчет : справ. / О. П. Леликов. – М. : Машиностроение, 2006. – 640 с.

19 **Максименко, А. Н.** Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Г. С. Лягушев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.

20 **Максименко, А. Н.** Техническая эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов. – Минск : Выш. шк., 2015. – 303 с.

21 Машиностроение : энцикл. : в 40 т. / ред. совет : К. В. Фролов [и др.]. Раздел 4. Расчет и конструирование машин. Т. 4–9. Строительные машины. Оборудование для производства строительных материалов / И. П. Ксенович [и др.] ; под общ. ред. И. П. Ксеновича. – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.

22 **Моргунов, Ю. Н.** Техническая эксплуатация путевых и строительных машин : учеб. пособие / Ю. Н. Моргунов. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009. – 701 с.

23 Путевые машины : учеб. / М. В. Попович [и др.] ; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М. : Желдориздат, 2008. – 746 с.

24 **Разумилов, Р. М.** Экономическая оценка организации ремонта специального подвижного состава по техническому состоянию : дис. ... канд. экон. наук / Р. М. Разумилов. – Иркутск, 2015. – 184 с.

25 Ремонт строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин : учеб. / А. В. Каракулев [и др.] ; под ред. А. В. Каракулева. – М. : Транспорт, 1988. – 303 с.

26 Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учеб. / Б. П. Долгополов [и др.] ; под ред. В. А. Зорина. – М. : Академия, 2010. – 576 с.

27 Щебнеочистительные машины : учеб. пособие / Н. Г. Гринчар [и др.] ; под ред. Н. Г. Гринчара. – М. : РУТ (МИИТ), 2018. – 77 с.

28 Эксплуатация дорожных машин : учеб. / А. М. Шейнин [и др.] ; под ред. А. М. Шейнина. – М. : Транспорт, 1992. – 328 с.

Учебное издание

ДОВГЯЛО Владимир Александрович
МОИСЕЕНКО Владимир Леонидович
МАКСИМЧИК Кирилл Вячеславович и др.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПУТЕВЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

Редактор *А. А. Павлюченкова*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 23.12.2024 г. Формат 60×84¹/₁₆
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 23,48. Уч.-изд. л. 24,73. Тираж 100 экз.
Зак. 2245. №. Изд. № 30.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель